



TESIS - TE142599

PENGEMBANGAN MESIN PENGENAL UANG KERTAS RUPIAH BERBASIS FITUR GABOR

ANGGARJUNA PUNCAK PUJIPUTRA
07111650040010

DOSEN PEMBIMBING

1. Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.
2. Dr. Tri Arief Sardjono, S.T.,M.T.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK ELEKTRONIKA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



TESIS - TE142599

PENGEMBANGAN MESIN PENGENAL UANG KERTAS RUPIAH BERBASIS FITUR GABOR

ANGGARJUNA PUNCAK PUJIPUTRA
07111650040010

DOSEN PEMBIMBING

1. Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.
2. Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.

**PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK ELEKTRONIKA
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)

di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

Anggarjuna Puncak Pujiputra
NRP. 07111650040010

Tanggal Ujian : 03 Juli 2018
Periode Wisuda: September 2018

Disetujui oleh:


1. Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.
NIP: 196409021989031003

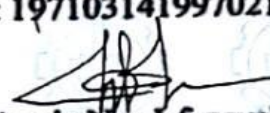
(Pembimbing I)


2. Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.
NIP: 197002121995121001

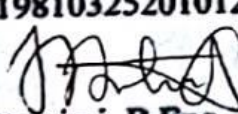
(Pembimbing II)


3. Dr. Achmad Arifin, S.T., M.Eng.
NIP: 197103141997021001

(Penguji)


4. Dr. Astria Nur Irfansyah, S.T., M.Eng.
NIP: 198103252010121002

(Penguji)


5. M. Attanimi, B.Eng., M.Eng., Ph.D.
NPP: 1985201711039

(Penguji)



Dekan Fakultas Teknologi Elektro

Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.
NIP. 197002121995121001

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tesis saya dengan judul **“PENGEMBANGAN MESIN PENGENAL UANG KERTAS RUPIAH BERBASIS FITUR GABOR”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2018



Anggarjuna Puncak Pujipura

NRP. 07111650040010

Halaman ini sengaja dikosongkan

PENGEMBANGAN MESIN PENGENAL UANG KERTAS RUPIAH BERBASIS FITUR GABOR

Nama mahasiswa : Anggarjuna Puncak Pujiputra
NRP : 07111650040010
Pembimbing : 1. Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.
2. Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.

ABSTRAK

Sejalan dengan berkembangnya layanan perbankan modern, sistem pengenalan uang kertas merupakan salah satu teknik penting yang dibutuhkan pada beberapa aplikasi seperti pada ATM (Anjungan Tunai Mandiri) dan pada mesin penjual otomatis (*vending machine*). Sistem pengenalan mata uang kertas harus mampu mengenali uang kertas asli dari sisi dan setiap arah. Dan karena uang kertas mudah lusuh/kumal selama sirkulasi, maka sistem pengenalan yang dirancang harus memiliki akurasi yang baik dalam mendeteksi uang kertas yang kumal maupun yang warnanya berubah. Jadi sangat penting untuk mendapatkan cara ekstraksi fitur-fitur yang berupa informasi karakteristik dari gambar uang kertas rupiah yang asli serta dengan variasi warna karena degradasi, dan sangat penting pula untuk memilih algoritma pengenalan pola yang tepat untuk meningkatkan akurasi pengenalan uang kertas rupiah tersebut. Metode yang digunakan pada penelitian ini, yaitu dengan menggunakan Gabor *Magnitude* untuk ekstraksi fitur yang telah terbukti memiliki kinerja yang sangat baik ketika digunakan pada sistem pengenalan citra wajah. Gabor *Magnitude* merupakan suatu metode yang unggul untuk mendeskripsikan fitur-fitur tekstur yang rumit sehingga diharapkan tepat dan akurat ketika diterapkan pada sistem pengenalan uang kertas rupiah. Penelitian ini bertujuan mendapatkan sistem pengenalan mata uang kertas rupiah asli dengan tingkat akurasi yang tinggi sehingga mampu mengenali uang kertas rupiah asli bahkan ketika uang kertas rupiah tersebut mengalami degradasi warna, maupun terkontaminasi bercak-bercak pada permukaan uang kertas rupiah. Hasil dari pengenalan uang kertas rupiah asli ini mempunyai tingkat keberhasilan rata-rata 93,15%, dimana hasil ini diperoleh dengan menggunakan *wavelet* Gabor dengan 8 Orientasi dan 5 Skala. Dari hasil ini menunjukkan sistem pengenalan uang kertas rupiah dengan menggunakan fitur Gabor sudah tepat karena dapat mengenali uang kertas rupiah asli dengan cukup akurat. Sehingga dapat diaplikasikan pada mesin setor uang, mesin tarik uang, mesin penghitung uang dan mesin penjual otomatis.

Kata kunci: Pengenalan Uang Kertas, Ekstraksi Fitur, Gabor *Magnitude*

Halaman ini sengaja dikosongkan

DEVELOPMENT OF RUPIAH BANKNOTE RECOGNITION MACHINE BASED ON GABOR FEATURES

By : Anggarjuna Puncak Pujiputra
Student Identity Number : 07111650040010
Supervisor(s) : 1. Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc.
2. Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.

ABSTRACT

In line with the development of modern banking services, the paper money recognition system is one of the important techniques needed in some applications such as ATMs (Automatic Teller Machines) and on vending machines. The paper currency recognition system should be able to recognize the original banknotes from the sides and each direction. And since paper money is easily shabby during the circulation, the designed recognition system must have good accuracy in detecting tattered and colored banknotes. So it is very important to get the feature extractions in the form of characteristic information from the original picture of rupiah banknotes and with the color variations due to degradation, and it is also important to choose the correct pattern recognition algorithm to improve the accuracy of the introduction of the rupiah banknotes. The method used in this study, namely by using Gabor Magnitude for feature extraction that has been shown to have excellent performance when used on face recognition system. Gabor Magnitude is a powerful tool for describing complex texture features so that it is expected to be precise and accurate when applied to the introduction of rupiah banknotes. The objective of this research is to get the original rupiah paper currency recognition system with high accuracy so that it can recognize the original rupiah banknotes even when the rupiah paper currency is color degradation, as well as contaminated spots on the surface of the rupiah banknote. The result of the introduction of the original rupiah banknotes has an average success rate of 93,15%, which is obtained using the Gabor wavelet with 8 Orientations and 5 Scales. This result shows that the introduction of rupiah banknotes using Gabor features is accurate because it can accurately recognize the original rupiah banknotes. So it can be applied to money deposit machines, money pull machines, money counters and vending machines.

Key words: paper money recognition , feature extraction, gabor Magnitude

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala limpahan rahmat dan hidayahnya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengembangan Mesin Pengenal Uang Kertas Rupiah berbasis Fitur Gabor”. Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Pascasarjana Teknik Elektronika di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tesis ini tidak dapat tersusun dengan baik tanpa bimbingan, bantuan dan dukungan dari banyak pihak yang diberikan kepada penulis. Oleh karena itu penulis memberikan ucapan terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc. dan Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak berkontribusi selama proses pembuatan tesis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
2. Kepada Koordinator Pascasarjana Teknik Elektronika, Koordinator Pascasarjana Jurusan Teknik Elektro dan Ketua Jurusan Teknik Elektro serta karyawan Pascasarjana Teknik Elektro yang telah membantu penulis dalam segala urusan administrasi selama menempuh kuliah di ITS.
3. Kepada Ibu serta seluruh keluarga yang sudah memberikan banyak dukungan dan semangat untuk menyelesaikan tesis ini.
4. Seluruh pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini dengan baik.

Menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna, maka kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk perbaikan dimasa datang. Penulis berharap agar tesis ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 1 Juli 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Uang Kertas Rupiah.....	5
2.2 Teknik Pengenalan Mata Uang Kertas	8
2.3 Permasalahan pada Pengenalan Uang Kertas	9
2.4 Fitur Gabor.....	9
2.5 Ekstraksi Fitur Gabor Citra Uang Kertas Rupiah	15
2.6 Model Gabor <i>Magnitude</i> untuk Deteksi Fitur pada Citra	16
2.7 Arduino Nano.....	19
2.8 Modul L298 Motor Driver	20
2.9 Modul Sensor TCRT5000.....	21
2.10 Alat Deteksi Uang Palsu Lampu Ultraviolet	23
2.11 Kamera <i>Webcam</i>	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Perangkat Keras Sistem Pengenalan Uang Kertas Rupiah	26
3.1.1 Lampu Ultraviolet	26

3.1.2	Kamera <i>Webcam</i>	27
3.1.3	Mekanik <i>Scanner</i>	28
3.1.4	Elektronik <i>Scanner</i>	29
3.2	Perangkat Lunak Sistem Pengenalan Uang Kertas Rupiah.....	33
3.2.1	Pengambilan Citra Uang Kertas Rupiah	33
3.2.2	Proses <i>Cropping</i>	34
3.2.3	Proses <i>Grayscale</i>	35
3.2.4	Proses <i>Resize</i>	35
3.2.5	Ekstraksi Fitur menggunakan <i>Wavelet</i> Gabor	36
3.2.6	Pembuatan Basis Data Sistem Pengenalan Uang Kertas Rupiah	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Pengujian pada Gabor 8 Orientasi 5 Skala.....	43
4.2	Pengujian pada Gabor 8 Orientasi 4 skala.....	44
4.3	Pengujian pada Gabor 8 Orientasi 3 Skala.....	45
4.4	Pengujian pada Uang Kertas Rupiah Palsu	46
BAB 5 KESIMPULAN		49
5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....		51
LAMPIRAN		55
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....		71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian Muka Uang Kertas Rp. 100.000,00 Tahun Emisi 2004 dengan Desain Baru (Bank Indonesia, 2011) [1]	6
Gambar 2.2 Bagian Belakang Uang Kertas Rp. 100.000,00 Tahun Emisi 2004 dengan Desain Baru (Bank Indonesia, 2011) [1]	6
Gambar 2.3 Uang Kertas Rupiah Emisi 2004 [1].....	7
Gambar 2.4 Uang Kertas Rupiah Emisi 2016 [1].....	7
Gambar 2.5 Tahapan Pengenalan Uang Kertas secara Umum	8
Gambar 2.6 Contoh Cetak Dalam/ <i>Intaglio</i> [1]	10
Gambar 2.7 Contoh Gambar Salin Isi (<i>Rectoverso</i>) [1]	11
Gambar 2.8 Contoh Citra Berubah Warna [1].....	11
Gambar 2.9 Contoh Citra <i>Microtext</i> [1]	12
Gambar 2.10 Contoh Citra Tidak Kasat Mata [1]	12
Gambar 2.11 Contoh <i>Latent Image</i> [1].....	13
Gambar 2.12 Contoh Citra Pengaman pada Uang Rupiah Depan 50.000,00 (Bank Indonesia, 2011) [1]	14
Gambar 2.13 Contoh Citra pada Uang Rupiah Belakang 50.000,00 (Bank Indonesia, 2011) [1]	14
Gambar 2.14 Filter Gabor 2 Dimensi	17
Gambar 2.15 Ilustrasi dari Orientasi Gabor Filter (π).....	18
Gambar 2.16 Ilustrasi dari Orientasi Gabor Filter ($3\pi/4$).....	18
Gambar 2.17 Hasil dari 40 Filter Gabor (5 Skala dan 8 Orientasi)	18
Gambar 2.18 Arduino Nano [14].....	19
Gambar 2.19 Modul L298 Motor Driver [15]	21
Gambar 2.20 Modul Sensor TCRT5000 [16].....	22
Gambar 2.21 Alat Deteksi Uang Palsu Jenis Permanen [17]	24
Gambar 2.22 Kamera <i>Webcam</i> [18]	24
Gambar 3.1 Blok Diagram Proses Pengenalan Uang Kertas Rupiah	25
Gambar 3.2 Lampu Ultraviolet EVACO	26
Gambar 3.3 Kamera Logitech C922 Pro Stream 1080P.....	27

Gambar 3.4 Desain Mekanik <i>scanner</i>	28
Gambar 3.5 Desain Mekanik <i>scanner</i> Tampak Depan	29
Gambar 3.6 Desain Mekanik <i>Scanner</i> Tampak Samping.....	29
Gambar 3.7 Arduino Nano.....	30
Gambar 3.8 Modul L298.....	30
Gambar 3.9 Sensor Kertas <i>Optical Reflective Infrared</i>	31
Gambar 3.10 Tombol Bantuan.....	32
Gambar 3.11 Adaptor DC 12 volt.....	32
Gambar 3.12 Ilustrasi Teknik Pencahayaan Ultraviolet Proses Pengambilan Gambar Citra Uang Kertas Rupiah.....	33
Gambar 3.13 Citra Asli Uang Kertas Rupiah	34
Gambar 3.14 Citra Hasil Proses <i>Cropping</i>	34
Gambar 3.15 Citra Hasil Proses <i>Grayscale</i>	35
Gambar 3.16 Citra Hasil Proses <i>Resize</i>	35
Gambar 3.17 Citra 160 Uang Kertas untuk Basis Data	41
Gambar 4.1 Hasil Data Uji Gabor 8 Orientasi 5 Skala	44
Gambar 4.2 Hasil Data Uji Gabor 8 Orientasi 4 Skala	45
Gambar 4.3 Hasil Data Uji Gabor 8 Orientasi 3 Skala	46
Gambar 4.4 Uang Kertas Rupiah Palsu	46
Gambar 4.5 Hasil Data Uji Uang Kertas Rupiah Palsu	47

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Ekstraksi Fitur Uang Kertas Rupiah 8 Orientasi 5 Skala	36
Tabel 3.2 Ekstraksi Fitur Uang Kertas Rupiah 8 Orientasi 4 Skala	38
Tabel 3.3 Ekstraksi Fitur Uang Kertas Rupiah 8 Orientasi 3 Skala	39
Tabel 4.1 Pengujian pada Gabor 8 Orientasi 5 Skala.....	43
Tabel 4.2 Pengujian pada Gabor 8 Orientasi 4 Skala.....	44
Tabel 4.3 Pengujian pada Gabor 8 Orientasi 3 Skala.....	45
Tabel 4.4 Pengujian pada Uang Kertas Rupiah Palsu	47

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem pengenalan uang kertas (*paper currency recognition system*) merupakan salah satu jenis sistem cerdas yang sangat dibutuhkan oleh sistem otomatisasi dewasa ini. Sistem pengenalan uang kertas ini memiliki berbagai aplikasi potensial yaitu digunakan pada sistem perbankan elektronik, sistem pendeteksi mata uang, mesin penghitung uang kertas, atau untuk mengklasifikasikan uang yang disimpan melalui mesin ATM, serta membantu tunanetra mengenali uang kertas.

Sistem pengenalan mata uang kertas harus mampu mengenali uang kertas dari setiap sisi dan setiap arah. Dan karena uang kertas mudah lusuh, kumal maupun rusak/robek selama sirkulasi, maka sistem pengenalan yang dirancang harus memiliki akurasi yang baik dalam mendeteksi uang kertas yang robek atau kumal.

Meskipun saat ini telah banyak metode yang dikembangkan untuk mendapatkan sistem pengenalan mata uang kertas namun umumnya bukan untuk mengenali mata uang kertas rupiah. Sebaliknya jika ada sistem pengenalan mata uang kertas universal, yaitu sistem yang dapat mengenali semua mata uang kertas di dunia. Umumnya sistem pengenalan tersebut terintegrasi dengan fungsi-fungsi lainnya seperti yang digunakan pada mesin-mesin ATM, atau mesin pendeteksi mata uang. Sehingga dibutuhkan suatu sistem pengenalan uang kertas rupiah yang berdiri sendiri (*dedicated*). Sistem pengenalan uang kertas ini diharapkan pula dapat diimplementasikan di telepon genggam sehingga dapat membantu atau memudahkan para tunanetra.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sistem pengenalan mata uang kertas rupiah dengan tingkat akurasi yang tinggi sehingga mampu mengenali uang kertas rupiah bahkan ketika uang kertas rupiah tersebut mengalami degradasi warna, terkoyak maupun terkontaminasi bercak-bercak atau noda-noda kotoran pada permukaan uang kertas rupiah.

Dalam peredaran uang, informasi asli pada mata uang kertas dapat hilang. Karena uang kertas tersebut sering digunakan sehingga gambar menjadi kabur, warna menjadi luntur atau bahkan sedikit rusak maupun adanya sambungan pada bagian yang robek. Selain itu desain mata uang rupiah yang kompleks membuat sistem pengenalan uang kertas rupiah otomatis sulit untuk bekerja dengan akurat. Jadi sangat penting untuk mendapatkan cara ekstraksi informasi karakteristik dari gambar uang kertas rupiah. Dan sangat penting pula untuk memilih algoritma pengenalan pola yang tepat untuk meningkatkan akurasi pengenalan uang kertas.

Metode yang di usulkan pada penelitian ini, yaitu dengan menggunakan Gabor *Magnitude* yang telah terbukti memiliki kinerja yang sangat baik ketika digunakan pada sistem pengenalan biometrik citra wajah. Gabor *Magnitude* merupakan suatu *powerful tools* untuk mendeskripsikan fitur-fitur tekstur yang rumit sehingga diharapkan tepat dan akurat ketika diterapkan pada sistem pengenalan uang kertas rupiah. Pada penelitian ini pengenalan dilakukan dengan menggunakan 4 (empat) jenis pecahan mata uang kertas rupiah edisi tahun 2004 yang terdiri dari Rp 100.000,00, Rp 50.000,00, Rp 20.000,00, Rp 10.000,00. Sehingga diharapkan mampu untuk di aplikasikan pada mesin setor uang, mesin tarik uang, mesin penghitung uang dan mesin penjual otomatis.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah secara global pada penelitian ini adalah untuk pengembangan mesin pengenal uang kertas rupiah berbasis fitur Gabor . Secara terperinci permasalahan dalam penelitian ini dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Bagaimana mengenali nominal dan keaslian uang kertas rupiah.
2. Bagaimana merancang mesin pengenal uang kertas rupiah.
3. Bagaimana metode pengambilan citra mata uang kertas yang dapat menunjukkan gambar tanda air (*watermark*).
4. Bagaimana mendapatkan teknik pemrosesan awal citra uang kertas yang meliputi proses *cropping* dan proses *resize* citra.
5. Bagaimana mendapatkan metode ekstraksi fitur uang kertas rupiah yang efisien dan stabil.
6. Bagaimana mendapatkan teknik pengenalan mata uang kertas rupiah.

1.3 Tujuan

Dari penelitian yang dilakukan ini tujuan yang diharapkan dari kinerja sistem pengenalan mata uang kertas rupiah ini adalah:

1. Mendapatkan metode pengenalan mata uang kertas rupiah yang tahan terhadap degradasi warna pada uang kertas asli akibat lusuh/kumal dan bernoda dengan fitur yang diperoleh dari informasi yang berasal dari *Wavelet* Gabor
2. Mendapatkan metode pengenalan yang efisien dan akurat agar dapat mengenali uang kertas rupiah asli sesuai dengan nominalnya.
3. Bagaimana mengenali citra asli uang kertas rupiah yang robust terhadap degradasi perubahan warna dan kekumalan/kelusuhan uang kertas rupiah berbasis fitur Gabor *Magnitude*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Uang kertas yang digunakan tidak ditambal.
2. Uang kertas yang diujikan adalah emisi 2004 dengan nominal Rp 100.000, Rp 50.000, Rp 20.000, Rp 10.000.
3. Proses *scanning* menggunakan *webcam*.
4. Pencahayaan yang digunakan adalah pencahayaan ultraviolet.
5. Uang kertas yang akan dikenali pada keadaan tidak terlipat.
6. Database terdiri dari 160 citra untuk masing-masing nominal.

Halaman ini sengaja dikosongkan

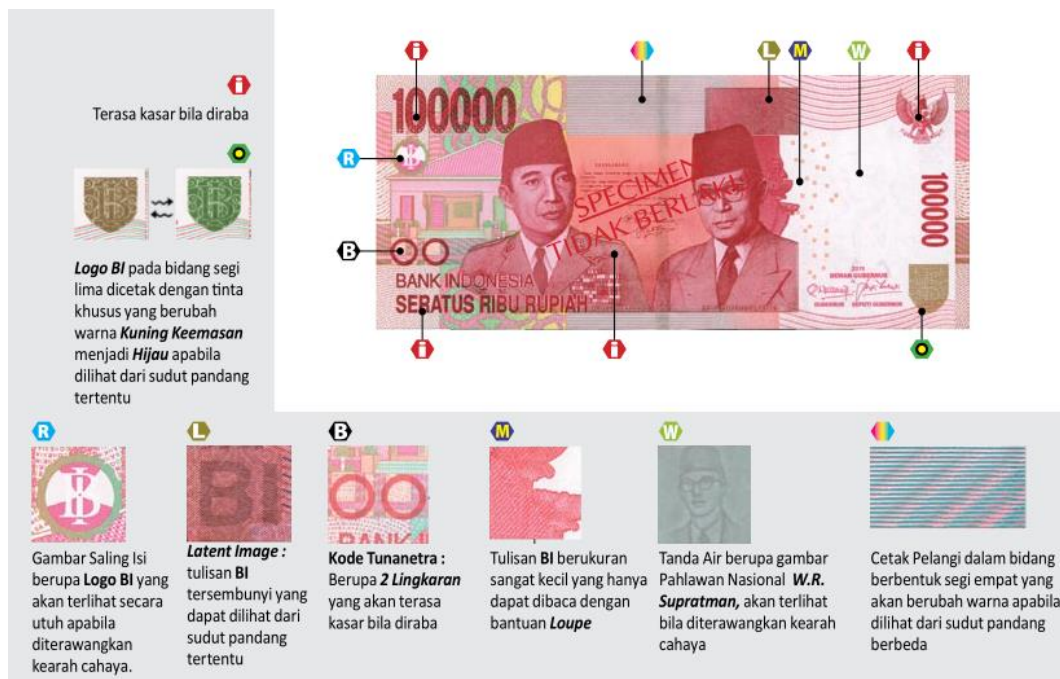
BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

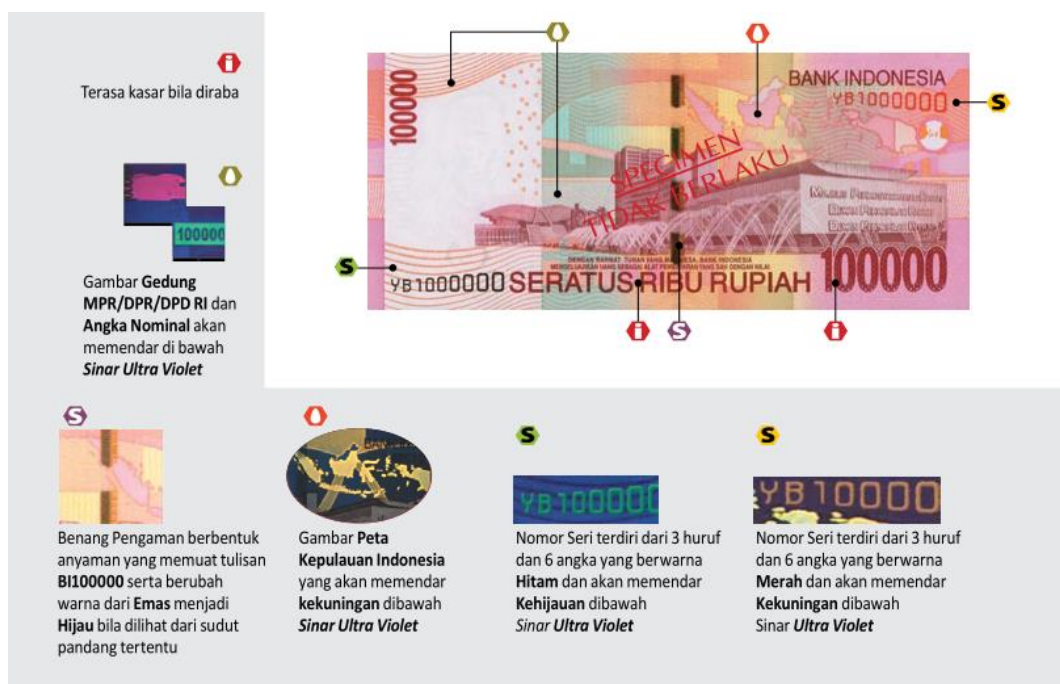
Pada bab ini akan dibahas mengenai kajian pustaka dan dasar teori yang akan digunakan pada penelitian ini. Berikut adalah teori yang mendukung pada penelitian pengembangan mesin pengenal uang kertas rupiah berbasis fitur Gabor.

2.1 Uang Kertas Rupiah

Pada bagian ini akan dibahas tentang ciri keaslian rupiah dan standar visual kualitas rupiah berdasarkan informasi yang diperoleh dari Bank Indonesia. Dalam Pasal 1 ayat 5 UU No.7 tahun 2011 tentang mata uang disebutkan bahwa ciri rupiah adalah tanda tertentu pada setiap rupiah yang ditetapkan dengan tujuan untuk menunjukkan identitas, membedakan harga atau nilai nominal, dan mengamankan rupiah tersebut dari upaya pemalsuan. Ciri-ciri keaslian rupiah secara umum cukup mudah dikenali oleh masyarakat yaitu berupa unsur pengaman yang tertanam pada bahan uang dan teknik cetak yang digunakan. Adapun unsur pengaman yang tertanam pada bahan uang kertas meliputi tanda air (*watermark*) dan benang pengaman (*security thread*). Dimana untuk tanda air pada uang kertas adalah berupa gambar yang akan terlihat apabila diterawangkan ke arah cahaya. Sedangkan benang pengaman ditanam atau dianyam pada bahan uang kertas sehingga tampak sebagai garis melintang dari atas ke bawah. Pada pecahan tertentu akan memendar apabila dilihat dengan sinar ultraviolet. Gambar 2.1 dan 2.2 menunjukkan menunjukkan bagian muka dan belakang pecahan uang kertas Rp. 100.000,00 tahun emisi 2004 dengan desain baru.



Gambar 2.1 Bagian Muka Uang Kertas Rp. 100.000,00 Tahun Emisi 2004 dengan Desain Baru (Bank Indonesia, 2011) [1]



Gambar 2.2 Bagian Belakang Uang Kertas Rp. 100.000,00 Tahun Emisi 2004 dengan Desain Baru (Bank Indonesia, 2011) [1]

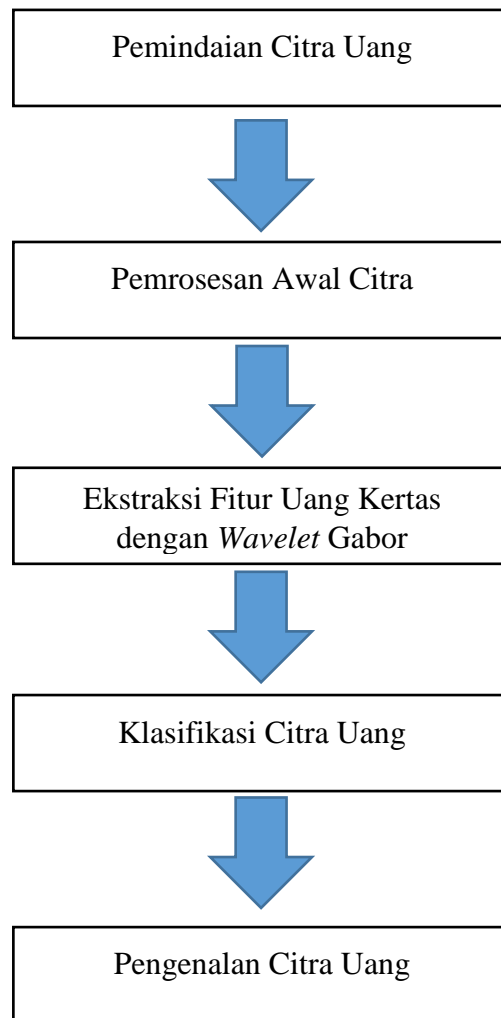
Secara umum unsur pengaman uang kertas rupiah untuk pecahan lainnya hampir samadan hanya dikurangi fitur pengamannya untuk uang kertas dengan pecahan kecil seperti pada nominal Rp. 2.000,00 dan Rp. 1.000,00. Gambar 2.3 dan 2.4 menunjukkan ketujuh pecahan uang kertas rupiah emisi 2004 (s.d 2011) dengan uang kertas rupiah baru emisi tahun 2016.



Gambar 2.3 Uang Kertas Rupiah Emisi 2004 [1]



Gambar 2.4 Uang Kertas Rupiah Emisi 2016 [1]



Gambar 2.5 Tahapan Pengenalan Uang Kertas secara Umum

2.2 Teknik Pengenalan Mata Uang Kertas

Secara umum struktur atau tahapan pengenalan mata uang kertas dapat dilihat pada gambar 2.5. Masukan dari sistem pengenalan ini adalah sebuah citra yang diperoleh dari pemindai atau kamera digital, sedangkan keluarannya adalah fitur dari mata uang kertas. Sistem pengenalan mata uang kertas terdiri dari beberapa tahap pemindai citra, tahap pemrosesan awal citra uang kertas, tahap ekstraksi fitur uang kertas, tahap klasifikasi dan pengenalan.

Pada tahap pemrosesan awal, citra akan dikonversi dari format *RGB* menjadi format *Grayscale*. Kemudian sisi-sisi tepi citra uang akan di filter misalkan dengan metode *prewitt* dan tepi uang akan di deteksi dengan menggunakan

algoritma *edge detection*. Adapun detil dari tahapan ini akan dibahas pada bagian Metodologi Penelitian.

2.3 Permasalahan pada Pengenalan Uang Kertas

Permasalahan mendasar pada pengenalan pola dapat digambarkan sebagai berikut, diberikan suatu *dataset* yang terdiri dari elemen-elemen pada kelas-kelas tertentu, dimana pengetahuan tentang kelas telah diketahui. Kemudian diberikan suatu elemen data baru yang kelasnya tidak diketahui. Bagaimana seseorang dapat menarik hipotesa untuk menentukan elemen data baru tersebut termasuk pada kelas tertentu yang sudah diketahui atau tidak.

Masalah pada pengenalan uang kertas merupakan masalah pengenalan pola, dimana pada pengenalan uang kertas akan ditentukan suatu cara agar suatu mesin dapat mengidentifikasi uang kertas secara otomatis sebagai uang kertas yang data-datanya telah ada pada mesin tersebut atau tidak. Dalam hal ini kelas data adalah identitas uang kertas. *Dataset* yang identitasnya telah diketahui oleh *classifier* dinamakan data latih (*training*), dimana data latih akan digunakan sebagai definisi karakteristik-karakteristik yang terdapat pada kelas-kelas yang berbeda. *Dataset* yang identitasnya akan di-hipotesa dinamakan sebagai data *testing*.

2.4 Fitur Gabor

Fitur Gabor *Magnitude* telah diterapkan oleh ilmuwan sebelumnya sebagai fitur pengenal yang robust terhadap perubahan iluminasi pada pengenalan citra wajah. [Hendra Kusuma dkk, 2016] Fitur ini sangat unggul dan tepat digunakan untuk pengenalan suatu citra dengan tekstur yang kompleks dan berkendala mengalami degradasi warna akibat variasi pencahayaan. Ilmuwan sebelumnya telah meneliti dan menerapkan metoda ekstraksi fitur citra wajah yang unik dan robust yang digunakan untuk pengenalan citra-citra wajah dengan variasi pencahayaan tersebut, yaitu dengan fitur Gabor *Magnitude*. Penerapan fitur tersebut menghasilkan laju pengenalan rata-rata (*recognition rate*) sebesar 96,45%. (Hendra Kusuma dkk., 2016) Citra uang kertas rupiah merupakan citra tekstur dengan berbagai variasi yang mirip atau sejenis citra wajah. Sehingga pada tesis ini ingin

diteliti seberapa besar akurasi dari sistem pengenalan mata uang kertas rupiah ini jika menggunakan fitur Gabor *Magnitude*.

Pengenalan uang kertas juga sudah pernah dilakukan dengan metode Haar *wavelet* dan SVM (*Support Vector Machine*). Haar *wavelet* adalah *wavelet* yang paling sederhana dan *Support Vector Machine* adalah *classifier* yang efektif. Pengenalan uang kertas harus memiliki komputasi yang mudah, *real time* dan kinerja yang baik. Ide utama metode ini adalah mengekstraksi fitur dan transformasi gelombang ke vektor pendukung dengan panjang gelombang tetap. Penelitian ini menggunakan *dataset* yang terdiri dari 220.000 sampel dari 2.200 uang kertas yang berbeda dan tingkat keberhasilannya 99,987%. Hasil percobaan menunjukkan metode ini cukup sederhana, cepat dan kuat. Metode ini telah diterapkan di loket uang kertas JBYD-8801A RMB. (Yifeng Liu dkk., 2014)

Beberapa hal yang penting yang harus diperhatikan dalam pengenalan uang kertas rupiah adalah memberi perhatian khusus pada unsur pengaman yang dihasilkan melalui teknik cetak (Bank Indonesia, 2011) yaitu,

- Cetak Dalam/*Intaglio*

Hasil cetak/*print* yang terasa kasar apabila diraba (tulisan angka memiliki tekstur). Terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Contoh Cetak Dalam/*Intaglio* [1]

- Gambar Saling isi (*Rectoverso*)

Pada uang rupiah terdapat suatu ragam bentuk yang akan menghasilkan hasil cetak pada sisi muka dan belakang yang saling mengisi dan beradu tempat jika dilihat ke arah sumber cahaya. Terlihat pada gambar 2.7.

- Tinta berubah warna (*Optically Variable Ink*)

Perubahan warna yang terjadi jika dilihat dari sudut pandang yang berbeda. Fitur ini terjadi karena hasil cetak tinta khusus. Terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.7 Contoh Gambar Salin Isi (*Rectoverso*) [1]



Gambar 2.8 Contoh Citra Berubah Warna [1]

- Tulisan Mikro (*Microtext*)
Tulisan berukuran sangat kecil yang hanya dapat dibaca dengan menggunakan kaca pembesar. Terlihat pada gambar 2.9.
- Cetak tidak kasat mata (*Invisible Ink*)
Gambar tidak kasat mata yang akan memendar di bawah sinar ultraviolet. Terlihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.9 Contoh Citra *Microtext* [1]



Gambar 2.10 Contoh Citra Tidak Kasat Mata [1]

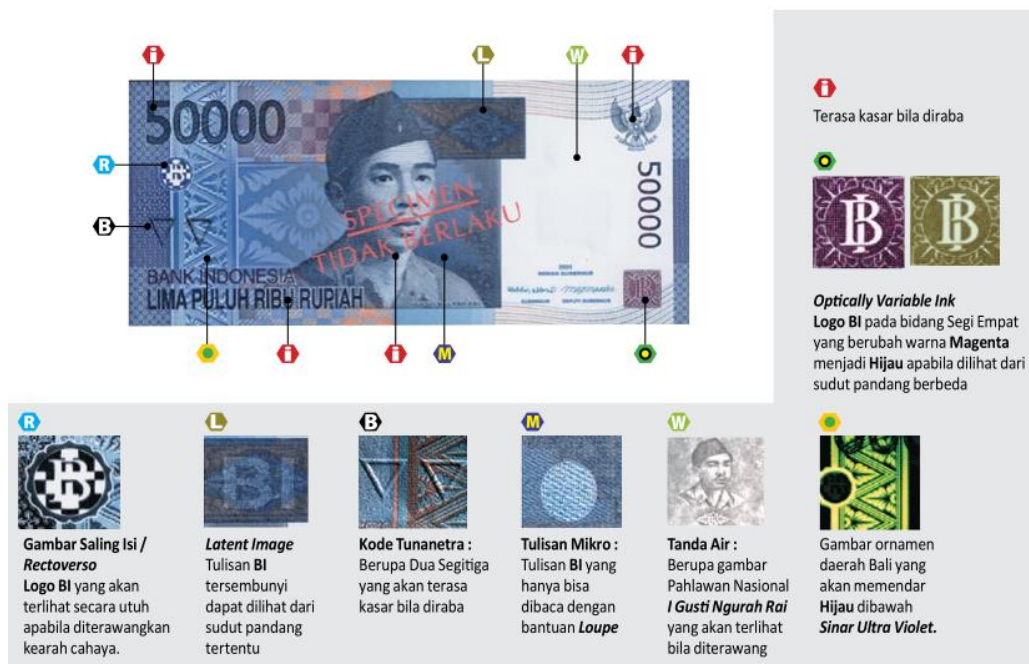
- Gambar tersembunyi (*Latent Image*)

Hasil cetak berupa gambar atau tulisan tersembunyi yang hanya dapat dilihat dari sudut pandang tertentu. Terlihat pada gambar 2.11.

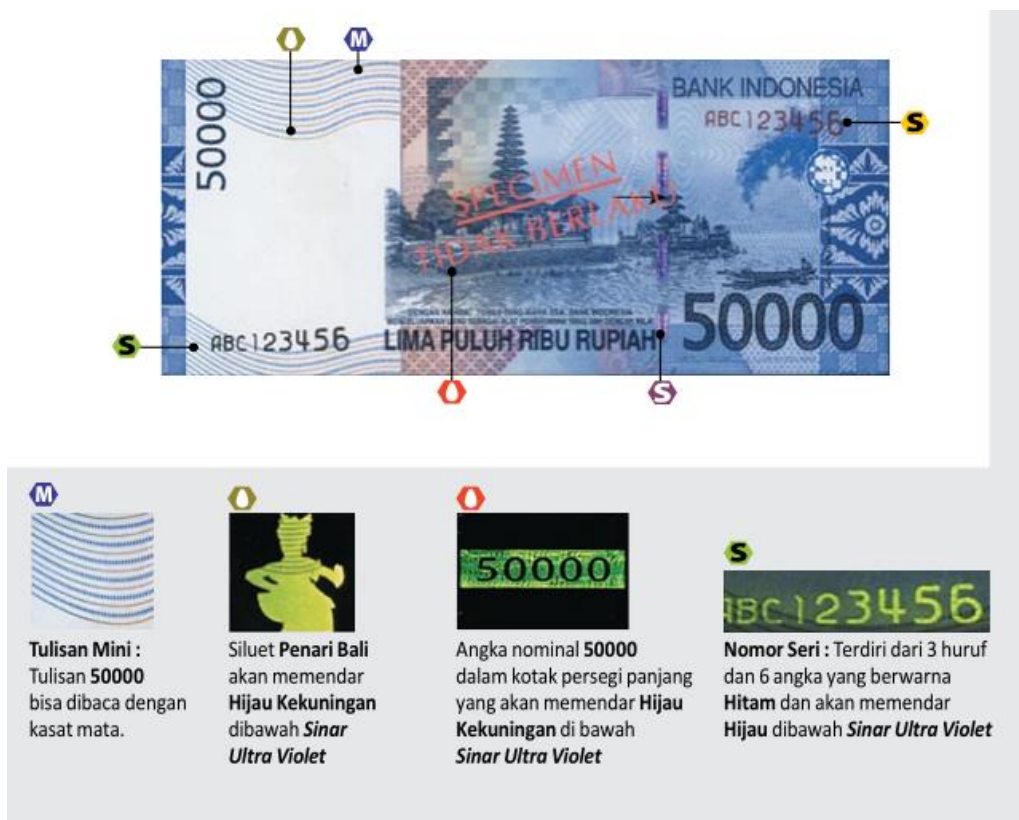
Gambar 2.13 dan 2.14 menunjukkan unsur pengaman yang dihasilkan oleh pada uang kertas rupiah 50.000,00 (Bank Indonesia, 2011).



Gambar 2.11 Contoh *Latent Image* [1]



Gambar 2.12 Contoh Citra Pengaman pada Uang Rupiah Depan 50.000,00 (Bank Indonesia, 2011) [1]



Gambar 2.13 Contoh Citra pada Uang Rupiah Belakang 50.000,00 (Bank Indonesia, 2011) [1]

2.5 Ekstraksi Fitur Gabor Citra Uang Kertas Rupiah

Untuk Ekstraksi fitur uang kertas rupiah akan digunakan *Wavelet* Gabor *Magnitude*. Alasan menggunakan metode *wavelet* Gabor adalah transformasi *wavelet* dapat mengekstrak informasi pada domain waktu (spasial) dan informasi frekuensi dari sinyal yang diberikan. *Wavelet* Gabor memiliki beberapa sifat matematis dan biologis yang baik sehingga cocok digunakan dalam ekstraksi fitur citra.

Ukuran kernel yang sesuai akan menghasilkan pasangan resolusi frekuensi-waktu yang berbeda dan ukuran yang terkait dengan frekuensi analitik. Misalnya, ukuran kernel yang lebih kecil (dalam domain waktu) memiliki resolusi lebih tinggi pada domain waktu namun memiliki resolusi lebih rendah pada domain frekuensi dan digunakan untuk analisa frekuensi yang lebih tinggi. Sedangkan ukuran kernel yang lebih besar, memiliki resolusi lebih tinggi pada domain frekuensi namun memiliki resolusi lebih rendah pada domain waktu dan digunakan untuk analisa frekuensi rendah. Keunggulan yang baik ini membuat transformasi *wavelet* dapat digunakan untuk aplikasi seperti kompresi gambar, deteksi tepi, desain filter dan pengenalan objek.

Diantara banyak *wavelet*, fungsi Gabor memberikan resolusi optimal baik pada domain waktu (spasial) dan domain frekuensi. Transformasi *wavelet* Gabor menjadi dasar optimal untuk mengekstrak fitur lokal karena beberapa alasan:

- Segi biologis : Sel sederhana dari korteks visual dalam otak mamalia dapat dimodelkan sebagai *wavelet* Gabor 2D
- Segi matematis: Transformasi *wavelet* Gabor memiliki sifat multi resolusi dan multi-orientasi yang optimal untuk mengukur frekuensi spasial lokal. Selain itu, telah ditemukan toleransi distorsi untuk pengenalan pola. (Wei-lun Chao)

Informasi Gabor *Magnitude* yang digunakan sebagai model *magnitude* suatu sinyal (dikembangkan oleh Kovess, 1999) dan digunakan sebagai deteksi tepi dan titik sudut pada citra uang kertas rupiah. Tepi/sisi dan titik-titik sudut ini akan digunakan sebagai *image descriptor* yaitu seperti halnya fitur-fitur hasil ekstraksi Gabor *Magnitude*. Bagian berikut ini akan membahas lebih detail mengenai Gabor *Magnitude*.

2.6 Model Gabor *Magnitude* untuk Deteksi Fitur pada Citra

Titik sudut (*corner*) dan sisi (*edge*) suatu obyek pada citra merupakan 2 contoh fitur pada citra yang ingin diketahui keberadaannya. Ada banyak aplikasi seperti pencocokan stereo (*stereo matching*), pelacakan gerak (*motion tracking*) dan registrasi citra (*image registration*) yang memerlukan apa yang disebut '*corner*' untuk dideteksi di serangkaian citra yang berurutan pada video dengan cara yang handal dan akurat. Ada beberapa operator matematika yang dikembangkan untuk dapat mendeteksi sudut (*corner operator*), seperti operator HARRIS, dan SUSAN yang sering digunakan pada pengolahan citra. Masalah umum dengan semua operator tersebut, adalah bahwa tanggapan dari titik sudut sangat dipengaruhi kontras dari citra. Ini membuat pengaturan ambang batas penentu titik sudut menjadi sulit. Biasanya kita tertarik untuk melacak fitur-fitur pada sejumlah besar citra-citra berurutan (video) dan semakin panjang citra-citra yang berurutan maka semakin besar variasi pencahayaan yang terjadi. Hal ini menyebabkan kesulitan dalam menentukan ambang batas penentu sudut, sehingga algoritma rekonstruksi gerak dan pencocokan stereo akan dihadapkan dengan masalah yang berkaitan dengan banyaknya *noise* yang terjadi pada titik sudut. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka model Gabor *Magnitude* dikembangkan oleh Peter Kovesi (Kovesi, 1999). Persamaan umum untuk ekstraksi fitur Gabor *Magnitude* adalah sebagai berikut:

$$g(x, y, \theta, \lambda) = \exp \left(-\frac{x'^2 + y'^2}{2\sigma^2} \right) \exp \left(\frac{2\pi (x \cos \theta + y \sin \theta)}{\lambda} i \right) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta \dots \dots \dots (2)$$

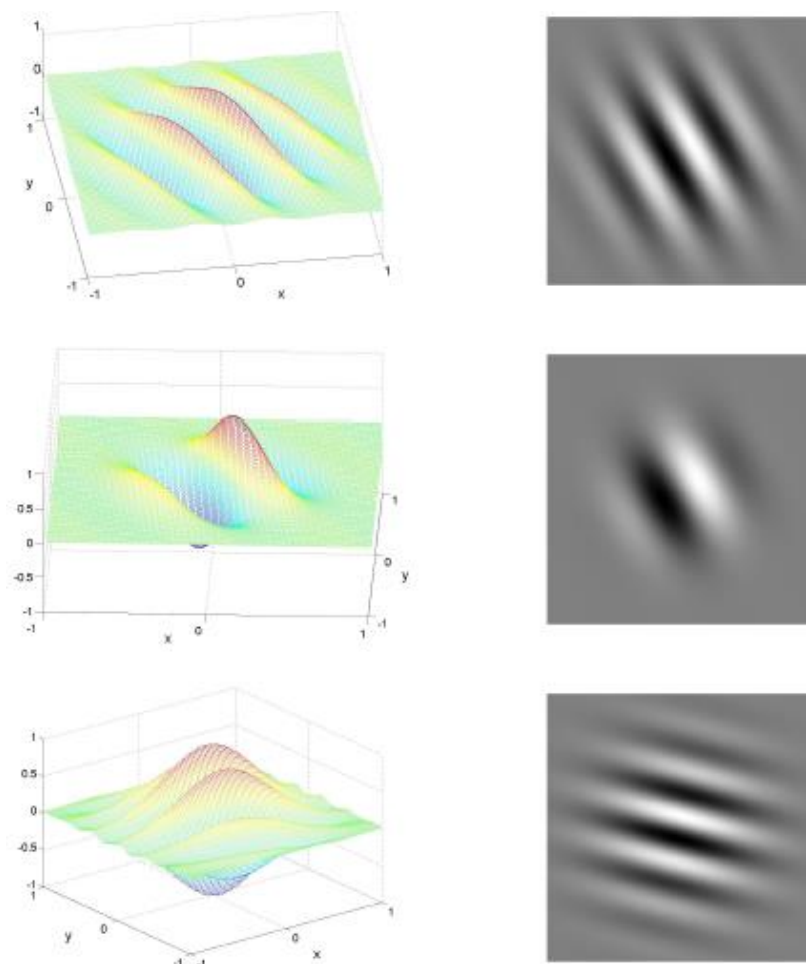
dan

$$y' = -x \sin \theta + y \cos \theta \dots \dots \dots (3)$$

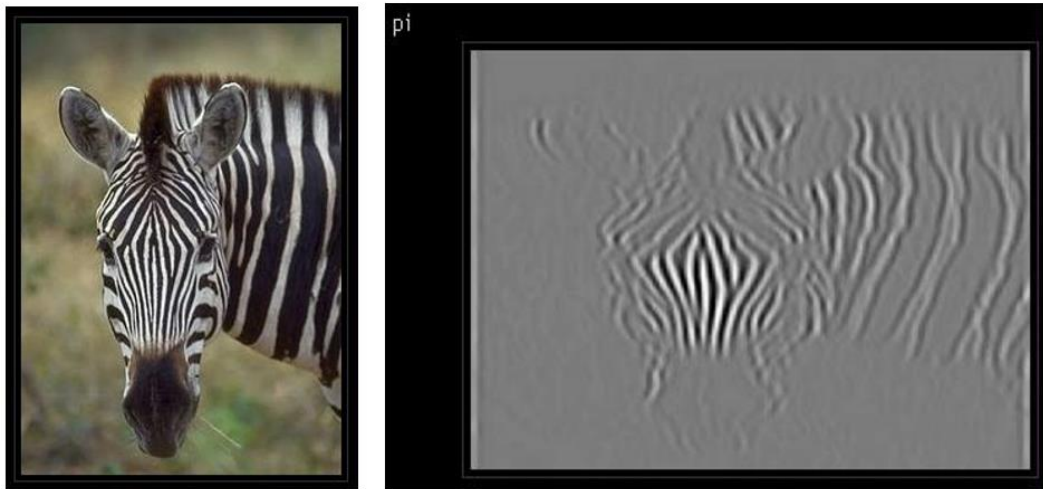
Filter Gabor 2-D diperoleh dengan memodulasi gelombang sinus 2-D pada frekuensi dan orientasi tertentu dengan Gaussian *envelope*. Persamaan dasar filter Gabor 2-D ditunjukkan dalam persamaan (1), dimana σ adalah standard deviasi dari Gaussian *envelope*. λ dan θ adalah panjang gelombang dan orientasi dari

gelombang sinus 2-D. Penyebaran dari Gaussian *envelope* didefinisikan dalam bentuk dari gelombang sinus λ . Rotasi dari x-y sebesar sudut θ menghasilkan filter Gabor pada orientasi θ .

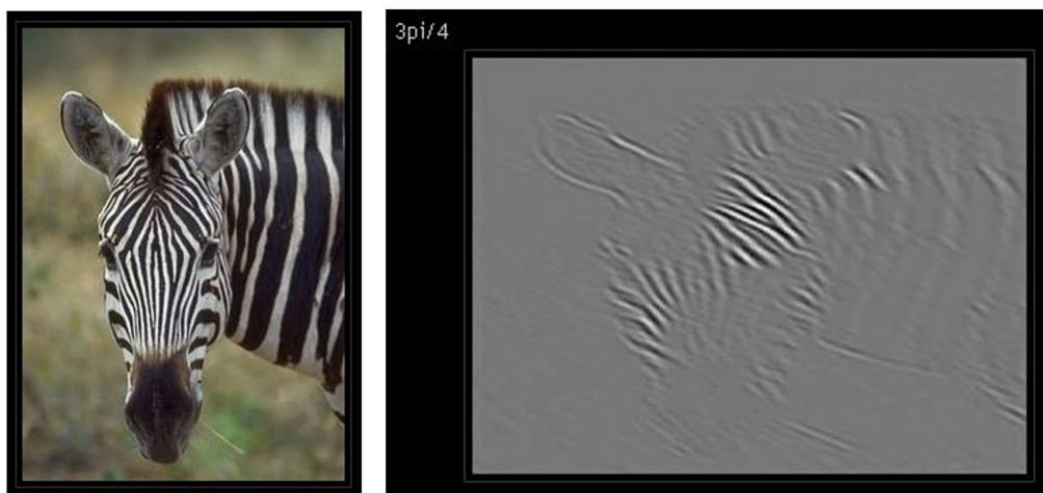
Jika semua filter Gabor dengan variasi panjang gelombang (λ) dan orientasi (θ) diterapkan pada satu titik tertentu (x,y), maka didapatkan banyak respon filter untuk titik tersebut, misal: digunakan empat panjang gelombang ($\lambda = 3, 5, 7, 10$) dan delapan orientasi, maka akan dihasilkan 32 respon filter untuk tiap titik citra yang dikonvolusikan dengan filter tersebut. (Panca Mudji, 2010)



Gambar 2.14 Filter Gabor 2 Dimensi



Gambar 2.15 Ilustrasi dari Orientasi Gabor Filter (π)



Gambar 2.16 Ilustrasi dari Orientasi Gabor Filter ($3\pi/4$)



Gambar 2.17 Hasil dari 40 Filter Gabor (5 Skala dan 8 Orientasi)

2.7 Arduino Nano

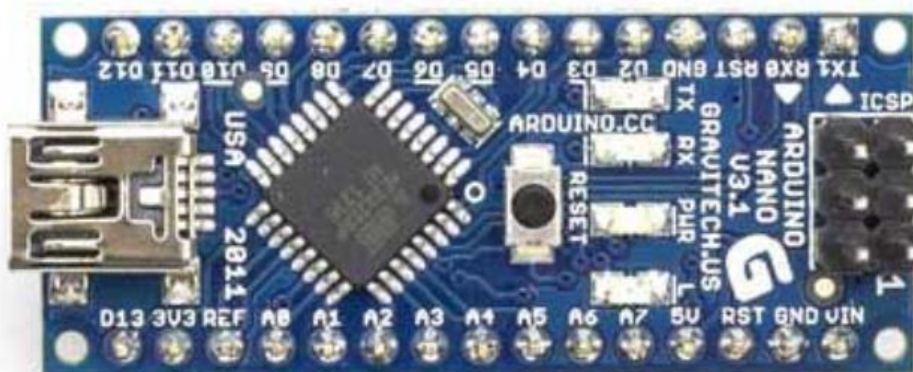
Arduino Nano adalah papan pengembangan (*development board*) mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P dengan bentuk yang sangat mungil. Secara fungsi tidak ada bedanya dengan Arduino Uno. Perbedaan utama terletak pada ketiadaan *jack power* DC dan penggunaan konektor Mini-B USB.

Disebut sebagai papan pengembangan karena *board* ini memang berfungsi sebagai arena *prototyping* sirkuit mikrokontroller. Dengan menggunakan papan pengembangan, anda akan lebih mudah merangkai rangkaian elektronika mikrokontroller dibanding jika anda memulai merakit ATmega328 dari awal di *breadboard*.

Arduino Nano memiliki 14 buah digital pin yang dapat digunakan sebagai input atau output, sengan menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digital(Read)*. Pin-pin tersebut ekerja pada tegangan 5V, dan setiap pin dapat menyediakan atau menerima arus 20mA, dan memiliki tahanan *pull-up* sekitar 20-50k ohm (secara default dalam posisi *disconnect*). Nilai *maximum* adalah 40mA, yang sebisa mungkin dihindari untuk menghindari kerusakan chip mikrokontroller

Beberapa pin memiliki fungsi khusus :

- Serial, terdiri dari 2 pin : pin 0 (RX) dan pin 1 (TX) yang digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) data serial.



Gambar 2.18 Arduino Nano [14]

- External Interrupts, yaitu pin 2 dan pin 3. Kedua pin tersebut dapat digunakan untuk mengaktifkan *interrupts*. Gunakan fungsi *attachInterrupt()*
- PWM: Pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11 menyediakan output PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi *analogWrite()*
- SPI : Pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), dan 13 (SCK) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan SPI Library
- *LED* : Pin 13. Pada pin 13 terhubung *built-in led* yang dikendalikan oleh digital pin no 13.

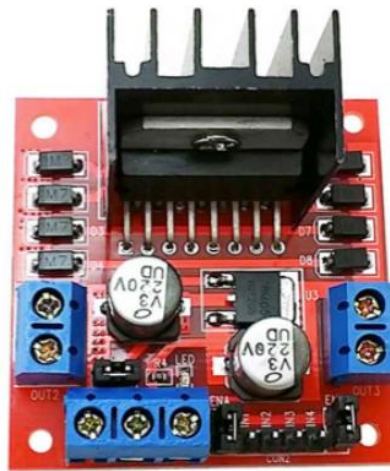
Arduino Nano memiliki 8 buah input analog, yang diberi tanda dengan A0 hingga A7. Masing-masing pin analog tersebut memiliki resolusi 1024 bits (jadi bisa memiliki 1024 nilai). Secara default, pin-pin tersebut diukur dari *ground* ke 5V, namun bisa juga menggunakan pin REF dengan menggunakan fungsi *analogReference()*.

Pin Analog A6 dan A7 tidak bisa dijadikan sebagai pin digital, hanya sebagai analog. Beberapa pin lainnya pada board ini adalah :

- I2C : Pin A4 (SDA) dan A5 (SCL). Pin ini mendukung komunikasi I2C (TWI) dengan menggunakan *Wire Library*.
- AREF. Sebagai referensi tegangan untuk input analog.
- Reset. Hubungkan ke LOW untuk melakukan reset terhadap mikrokontroller. Biasanya digunakan untuk dihubungkan dengan switch yang dijadikan tombol reset.

2.8 Modul L298 Motor Driver

Driver motor L298N merupakan module driver motor DC yang paling banyak digunakan atau dipakai di dunia elektronika yang difungsikan untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC. IC L298 merupakan sebuah IC tipe H-bridge yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti *relay*, *solenoid*, motor DC dan motor stepper.



Gambar 2.19 Modul L298 Motor Driver [15]

Pada IC L298 terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang nand yang berfungsi untuk memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor dc maupun motor *stepper*. Untuk dipasaran sudah terdapat modul driver motor menggunakan ic l298 ini, sehingga lebih praktis dalam penggunaannya karena pin I/O nya sudah terpackage dengan rapi dan mudah digunakan. Kelebihan akan modul driver motor L298N ini yaitu dalam hal kepresisian dalam mengontrol motor sehingga motor lebih mudah untuk dikontrol.

Spesifikasi dari Modul Driver Motor L298N

- Menggunakan IC L298N (Double H bridge Drive Chip)
- Tegangan minimal untuk masukan power antara 5V-35V
- Tegangan operasional : 5V
- Arus untuk masukan antara 0-36mA
- Arus maksimal untuk keluaran per Output A maupun B yaitu 2A
- Daya maksimal yaitu 25W
- Dimensi modul yaitu 43 x 43 x 26mm
- Berat : 26g

2.9 Modul Sensor TCRT5000

Modul Sensor TCRT5000 adalah komponen elektronika terintegrasi buatan Vishay yang memuat pemancar dan detektor infra merah (*infrared*) dalam

satu komponen terpadu. Konstruksi komponen ini yang kompak diatur sedemikian hingga sumber emisi cahaya infra merah dan komponen sensor / detektonya berada pada arah yang sama, dengan demikian mampu mendeteksi keberadaan objek yang mendekat dengan cara mendeteksi pantulan sinar merah yang terpancarkan.

Cahaya infra merah yang diemisikan komponen ini memiliki panjang gelombang 950 nm (nanometer) yang kasat mata. Sifat sinar *infrared* yang tak terlihat ini menguntungkan karena berguna dalam aplikasi sensor tanpa memperngaruhi tampilan sekitarnya, misalnya untuk aplikasi layar sentuh, aplikasi pendeteksi keberadaan objek pada suatu bidang permukaan, dsb.

Komponen sensor / *detector* adalah sebuah *phototransistor*, kinerja deteksi optimal pada saat objek berada pada jarak 2,5 mm (rentang jarak yang dapat dideteksi antara 0,2 mm hingga 15 mm). *Phototransistor* dilapisi dengan lapisan khusus untuk menahan sinar selain infra-merah untuk meningkatkan akurasi sensor. Rata-rata arus keluaran (I_c) adalah 1 mA.



Gambar 2.20 Modul Sensor TCRT5000 [16]

2.10 Alat Deteksi Uang Palsu Lampu Ultraviolet

Alat deteksi uang palsu lampu ultra violet jenis permanen. Jenis ini biasanya mempunyai bentuk yang lebih besar. Sebenarnya bisa sih dipindah ke tempat lain. Namun karena untuk bisa digunakan dibutuhkan colokan stop kontak, jadi jenis ini tidak bisa digunakan di luar rumah yang tidak ada listrik. Maka dari itu disebut jenis permanen.

Alat deteksi uang palsu jenis permanen biasanya mempunyai fitur yang lebih lengkap. Tidak hanya bisa mengenali keaslian satu mata uang saja, tapi 3-5 mata uang pun bisa. Selain itu ada yang mempunyai alarm. Kalau ternyata uang yang dicek palsu, alat tersebut bisa mengeluarkan bunyi. Bahkan ada juga yang tidak hanya dilengkapi lampu ultra violet saja, tapi juga *infrared* yang bisa membedakan benang pengaman uang lebih akurat. Mengenai keakuratannya tidak bisa dilihat dari jenis portabel atau permanen. Asal alat tersebut memang dibuat dengan kualitas yang bagus biasanya lebih cepat mengenali keaslian uang yang diceknya. Dan tentu saja semakin tinggi kualitasnya maka semakin tinggi pula harganya. Contoh dari alat deteksi uang palsu lampu ultraviolet terlihat pada gambar 2.21.

2.11 Kamera Webcam

Webcam merupakan gabungan dari kata *web* dan *camera*. *Webcam* sendiri sebutan bagi kamera *real-time* (bermakna keadaan pada saat ini juga) yang gambarnya bisa diakses atau dilihat melalui internet, program *instant messaging* seperti Yahoo Messenger, AOL Instant Messenger (AIM), Windows Live Messenger, dan Skype, dan lainnya. Istilah “webcam” sendiri mengarah pada jenis kamera yang digunakan untuk kebutuhan layanan berbasis web. Webcam sendiri biasanya digunakan untuk keperluan konferensi jarak jauh atau juga sebagai kamera pemantau.

Webcam adalah sebuah periferal berupa kamera sebagai pengambil citra/gambar dan mikrofon (optional) sebagai pengambil suara/audio yang dikendalikan oleh sebuah komputer atau oleh jaringan komputer. Gambar yang diambil oleh *Webcam* ditampilkan ke layar monitor, karena dikendalikan oleh komputer maka ada *interface* atau port yang digunakan untuk menghubungkan *Webcam* dengan komputer atau jaringan. Ada beberapa orang mengartikan *Webcam*

sebagai *Web pages + Camera*, karena dengan menggunakan *Webcam* untuk mengambil gambar video secara aktual bisa langsung di *upload* bila komputer yang mengendalikan terkoneksi internet. Contoh dari *wabcam* terlihat pada gambar 2.22.



Gambar 2.21 Alat Deteksi Uang Palsu Jenis Permanen [17]



Gambar 2.22 Kamera Webcam [18]

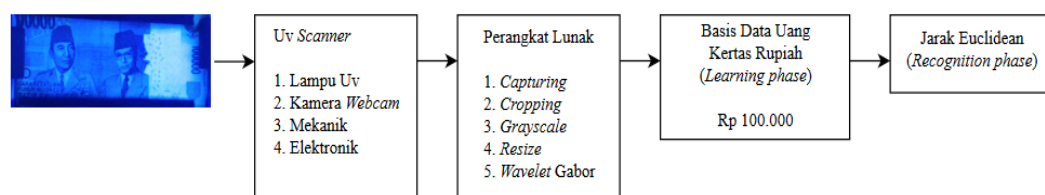
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas metodologi penelitian dari realisasi sistem pengenalan uang kertas rupiah. Untuk pengambilan citra uang kertas rupiah digunakan *webcam* kamera, lampu Ultraviolet, dan mekanik uang kertas. Dari gambar yang dihasilkan *webcam* selanjutnya dilakukan proses pengolahan citra meliputi: proses *cropping*, proses *grayscale* dan proses *resize*. Dari hasil pengolahan citra tersebut, kemudian dilakukan proses ekstraksi fitur dengan menggunakan *Wavelet Gabor Magnitude*. Pada tahap ekstraksi ini, akan dihasilkan fitur-fitur Gabor magnitude yang robust terhadap perubahan iluminasi atau warna pengaruh dari uang kertas yang terdegradasi akibat usia pemakaian dan kerusakan lain. Fitur-fitur ini dihasilkan dari semua bagian citra uang kertas, baik yang merupakan citra tekstur biasa, citra tekstur pengaman dan citra tekstur *watermark*. Fitur-fitur citra uang kertas rupiah yang unik dan stabil tersebut kemudian dibentuk menjadi vektor-vektor fitur untuk kemudian dilakukan proses klasifikasi dengan metode subspace LDA. Hasil klasifikasi dengan vektor fitur yang siap untuk diuji pada tahap pengenalan dengan menggunakan metode jarak Euclidean. Blok diagram proses pengenalan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.1.

Berdasarkan Gambar 3.1, untuk mempermudah dalam proses perencanaan dan pembuatan, sistem dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

1. *UV Scanner* (Perangkat keras) terdiri dari, lampu ultraviolet, kamera *webcam*, mekanik *scanner*, arduino nano, modul L298, sensor kertas *optical reflective infrared*, tombol bantuan, adaptor DC 12 volt.



Gambar 3.1 Blok Diagram Proses Pengenalan Uang Kertas Rupiah

2. PC atau laptop (Perangkat lunak) terdiri dari, pengambilan citra uang kertas rupiah, proses *cropping* , proses *grayscale*, proses *resize*, ekstraksi fitur menggunakan *wavelet* Gabor, proses pembuatan basis data, pembuatan *GUI*. Semua proses menggunakan matlab versi pelajar.
3. Data rupiah (Pembuatan basis data), proses ini menggunakan 160 data yang terdiri dari 4 posisi mata uang kertas rupiah yang masing-masing berjumlah 10 buah yaitu uang kertas Rp 100.000, Rp 50.000, Rp 20.000, Rp 10.000.

3.1 Perangkat Keras Sistem Pengenalan Uang Kertas Rupiah

Perangkat keras sistem pengenalan uang kertas rupiah yang ada pada *UV Scanner* terdiri dari banyak bagian, terutama pada lampu ultraviolet, kamera *webcam*, mekanik *scanner* dan elektronik *scanner*.

3.1.1 Lampu Ultraviolet

Lampu ultraviolet digunakan untuk mendeteksi keaslian dari mata uang kertas rupiah. Hal ini dikarenakan adanya uang kertas palsu yang beredar di masyarakat. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti digunakan sebuah lampu ultraviolet yang dapat menghasilkan pancaran sinar konvergen jika ditembakkan pada permukaan uang kertas rupiah. Hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam proses pengambilan citra uang kertas dan proses pengenalan uang kertas. Lampu Ultraviolet yang digunakan adalah lampu ultraviolet EVACO dengan rating tegangan sebesar 220 volt AC, 50 Hz dengan daya pancar maksimum sebesar 10 watt. Pada gambar 3.2 merupakan bentuk fisik dari lampu Ultraviolet EVACO.



Gambar 3.2 Lampu Ultraviolet EVACO

3.1.2 Kamera Webcam

Kamera *webcam* yang digunakan dalam penelitian ini adalah kamera *webcam* logitech C922 Pro Stream 1080P. Kamera dapat mengambil video dengan resolusi HD dan Full HD dengan kecepatan frame rate yang tinggi. Kamera dilengkapi dengan LED yang dapat menghasilkan cahaya putih untuk membantu penerangan di dalam gelap. Cahaya ini juga dapat digunakan untuk membantu proses pengenalan gambar mata uang kertas rupiah. Kamera yang digunakan dalam penelitian peneliti memiliki spesifikasi tinggi agar proses pengambilan gambar dan proses pengenalan dapat berjalan sesuai dengan tujuan penelitian peneliti. Berikut adalah gambar dari kamera webcam logitech C922 Pro Stream 1080P ditunjukkan dalam gambar 3.3 dibawah.

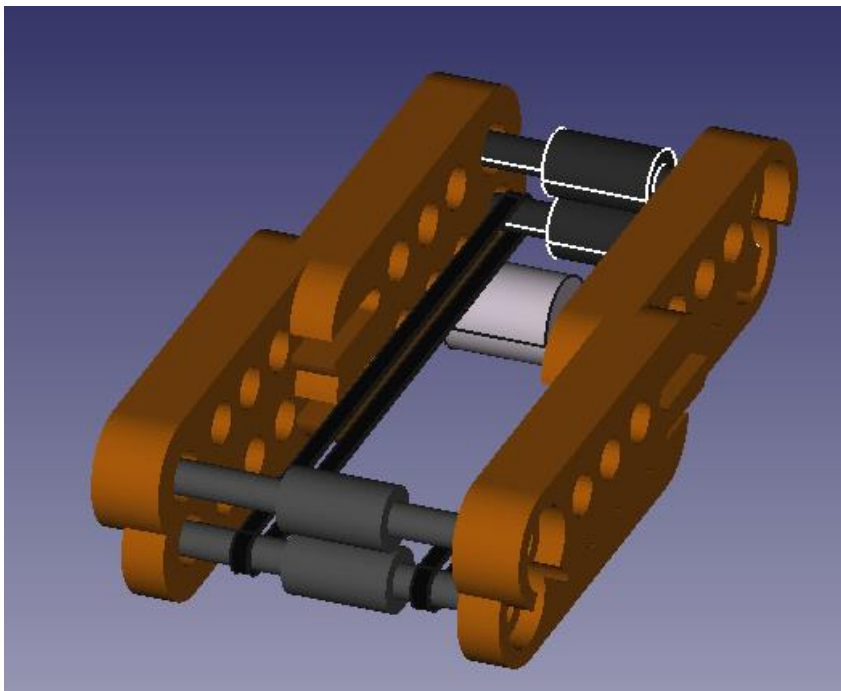


Gambar 3.3 Kamera Logitech C922 Pro Stream 1080P

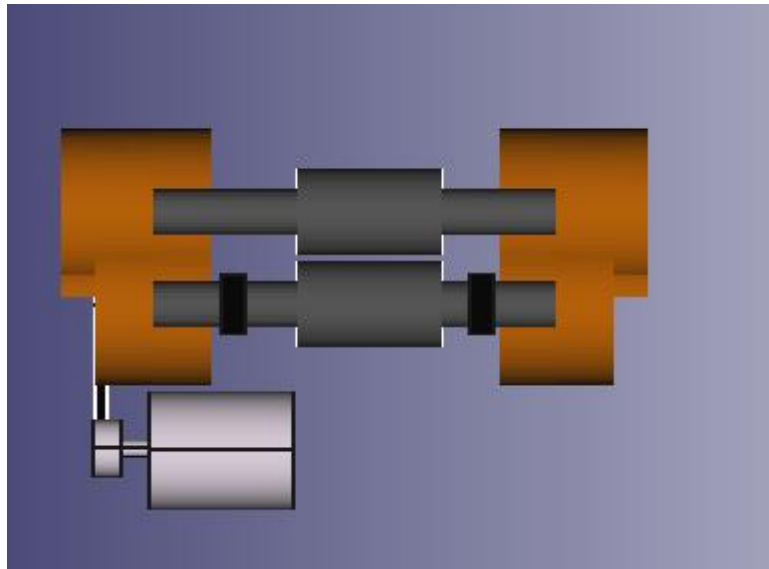
3.1.3 Mekanik Scanner

UV scanner terdiri dari beberapa bagian, yaitu mekanik dan elektronik. Pada bagian mekanik terdiri dari motor DC 12 volt, *pulley*, *timing belt*, *roller* penjepit. Desain mekanik penjepit uang kertas menggunakan 3D *print* dengan perangkat lunak gratis yang bernama *free CAD* dan dibuat dari bahan filamen PLA. Tampilan geometri dari desain mekanik *scanner* ditunjukkan pada gambar 3.4.

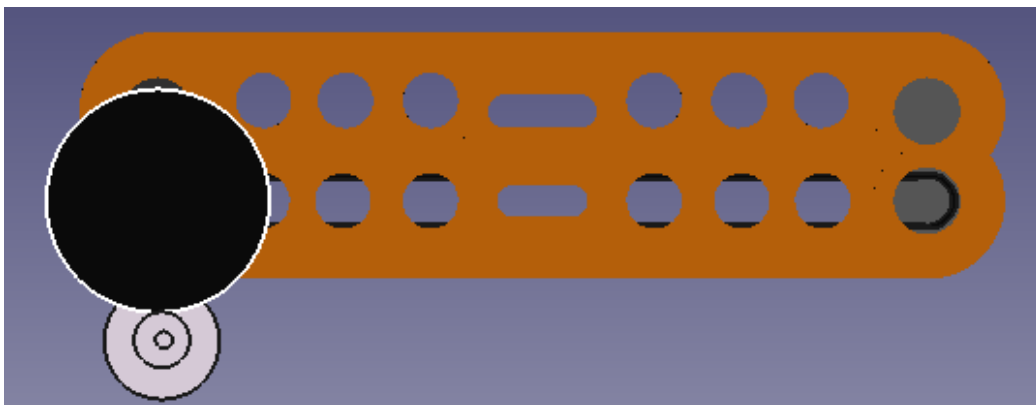
Terlihat pada mekanik terdapat dua buah *timing belt* berukuran 320 yang menunjukkan terdapat 320 gigi dalam satu buah *timing belt*. Fungsi pertama dari *timing belt* ini adalah untuk menahan uang kertas rupiah agar posisi dari uang kertas dapat stabil saat dimasukkan ke dalam mekanik. Fungsi *timing belt* berikutnya adalah untuk menghubungkan antara *pulley* satu dengan yang lain sehingga dapat mengatur keselarasan ritme kecepatan uang kertas saat masuk ke dalam mekanik. *Pulley* yang terhubung pada *timing belt* digunakan untuk memutar *roller* pada mekanik *scanner*. Fungsi dari *roller* adalah untuk menjepit uang kertas saat uang dimasukkan ke dalam mekanik sehingga posisi dari uang kertas tetap dan tidak lusuh. Mekanik 3D *print* didesain memiliki rongga yang bertujuan agar waktu pembuatan lebih cepat dan lebih murah. Pada gambar 3.5 merupakan tampilan depan dari mekanik *scanner*.



Gambar 3.4 Desain Mekanik Scanner



Gambar 3.5 Desain Mekanik *Scanner* Tampak Depan



Gambar 3.6 Desain Mekanik *Scanner* Tampak Samping

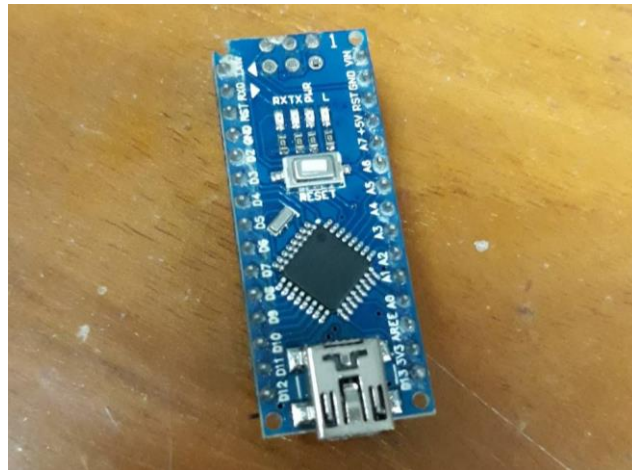
Pada desain mekanik tampak depan terdapat motor DC 12 volt. Motor DC ini digunakan sebagai penggerak pada mekanik *scanner*. Pada motor DC ditambahkan sebuah *gearbox* agar torsi dari motor semakin besar. Jika motor DC tidak memiliki torsi yang kuat maka uang kertas tidak dapat dimasukkan ke dalam *scanner*. Pada gambar 3.6 merupakan tampilan samping dari mekanik *scanner*.

3.1.4 Elektronik *Scanner*

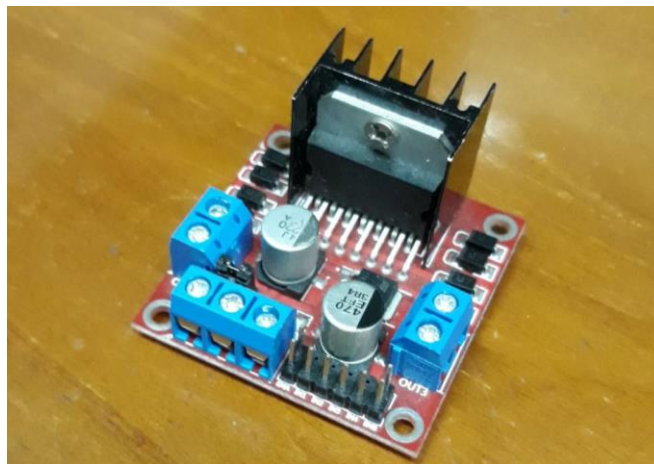
Elektronik *Scanner* terdiri dari mikrokontroler arduino nano, modul *driver* motor DC L298, sensor kertas *optical reflective infrared*, tombol darurat untuk memasukkan atau mengeluarkan uang kertas dan catu daya DC 12 volt. Mikrokontroler yang digunakan peneliti pada penelitian ini menggunakan arduino

nano. Fungsi mikrokontroler adalah untuk membaca masukan sinyal dari tombol dan menghasilkan sinyal PWM. Masukan tombol berupa sinyal aktif *low*, jika nilai sinyal 0 maka akan aktif dan jika nilai sinyal 1 maka akan mati. Nilai PWM yang digunakan pada penelitian ini menggunakan 127 bit pada skala penuh 255 bit. Pada gambar 3.7 merupakan tampilan arduino nano.

Keluaran dari arduino nano akan di gunakan untuk masukan modul *driver* motor L298. Modul tersebut dapat mensupply arus hingga 4A dengan rating tegangan hingga 48V DC. Fungsi dari komponen ini adalah untuk mengatur kecepatan putar dan arah putaran dari motor DC 12 volt. Pada gambar 3.8 merupakan tampilan dari modul L298.



Gambar 3.7 Arduino Nano



Gambar 3.8 Modul L298

Komponen yang tidak kalah penting pada penelitian yang peneliti lakukan adalah sensor kertas *optical reflective infrared*. Sensor ini tersusun dari *LED infrared* dan photodiode. Fungsi dari sensor kertas adalah untuk mendeteksi uang kertas yang akan masuk kedalam *UV scanner*. Jika ada uang kertas yang masuk maka sensor ini akan memantulkan cahaya *infrared* ke permukaan photodiode, sehingga arduino nano dapat menginstruksikan motor DC untuk bergerak maju. Jika sensor tidak mendeteksi adanya uang kertas, maka motor DC akan diam. Pada gambar 3.9 merupakan tampilan dari sensor kertas *optical reflective infrared*.

Dalam bagian perangkat keras sistem pengenalan uang kertas, terdapat dua tombol yang berfungsi untuk keadaan darurat. Keadaan darurat yang dimaksudkan adalah keadaan dimana uang kertas tidak dapat masuk ke dalam *UV scanner*. Hal ini disebabkan oleh banyak hal, seperti sensor tidak mendeteksi atau uang kertas terlalu lusuh. Tombol pertama (warna merah) difungsikan untuk membantu memasukkan uang kertas masuk kedalam *UV scanner* dan tombol kedua (warna kuning) difungsikan untuk membantu mengeluarkan uang kertas keluar *UV scanner*. Pada gambar 3.10 merupakan tampilan dari kedua tombol tersebut.



Gambar 3.9 Sensor Kertas *Optical Reflective Infrared*.



Gambar 3.10 Tombol Bantuan

Catu daya atau *power supply* untuk memenuhi kebutuhan perangkat keras sistem pengenalan uang kertas terbagi menjadi dua, menggunakan catu daya 12 volt DC dan 220 volt AC. Catu daya 220 volt AC dikonsumsi untuk menghidupkan lampu ultraviolet dan catu daya 12 volt DC dikonsumsi untuk motor DC dan kebutuhan elektronik. Catu daya 220 volt AC diambil langsung dari listrik PLN sedangkan catu daya 12 volt DC didapatkan dari adaptor JSJ. Adaptor ini memiliki spesifikasi masukan AC 100-240V, 50/60 Hz dan keluaran DC 12 volt, 3 ampere. Pada gambar 3.11 merupakan tampilan dari adaptor tersebut.



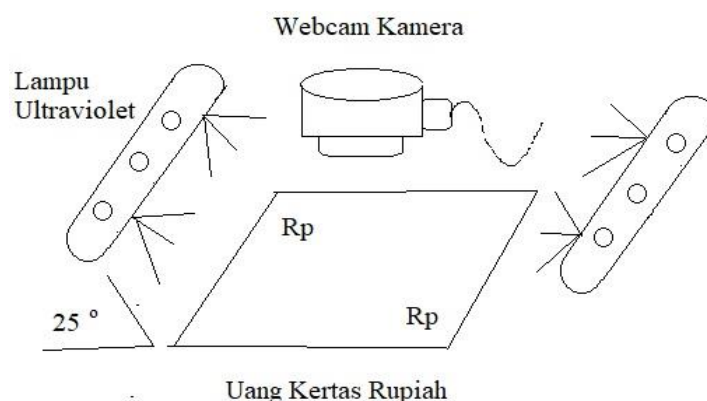
Gambar 3.11 Adaptor DC 12 volt

3.2 Perangkat Lunak Sistem Pengenalan Uang Kertas Rupiah

Perangkat lunak sistem pengenalan uang kertas rupiah yang ada pada PC atau laptop menggunakan matlab versi pelajar dan terdiri dari banyak proses, terutama pada proses pengambilan citra uang kertas rupiah, proses *cropping*, proses *grayscale*, proses *resize*, Ekstaksi fitur menggunakan *wavelet* Gabor, proses pembuatan basis data hingga pembuatan *GUI*.

3.2.1 Pengambilan Citra Uang Kertas Rupiah

Pengambilan citra uang kertas dilakukan dengan menggunakan *Webcam* kamera dan dihubungkan dengan komputer atau laptop. *Webcam* kamera yang digunakan memiliki resolusi HD (1280 x 720). Teknik pengambilan citra uang kertas rupiah agar didapat hasil yang baik, maka pada objek yaitu uang kertas rupiah diberikan penerangan ultraviolet yang cukup. Penerangan ini dimaksudkan untuk mengeluarkan citra *watermark* dari tiap-tiap uang kertas rupiah tersebut. Penempatan sumber pencahayaan ultraviolet pada lembar uang kertas rupiah tidak diletakkan pada sisi atas uang kertas rupiah, namun sumber pencahayaan ultraviolet dilakukan dari sisi samping uang kertas rupiah dengan sudut kemiringan pencahayaan sekitar 25° terhadap uang kertas rupiah. Pencahayaan ultraviolet diberikan dari sisi samping karena akan membentuk bayangan *watermark* yang nantinya akan digunakan sebagai detektor keaslian uang kertas rupiah tersebut. Ilustrasi teknik pencahayaan proses pengambilan gambar uang kertas rupiah seperti terlihat pada Gambar 3.12

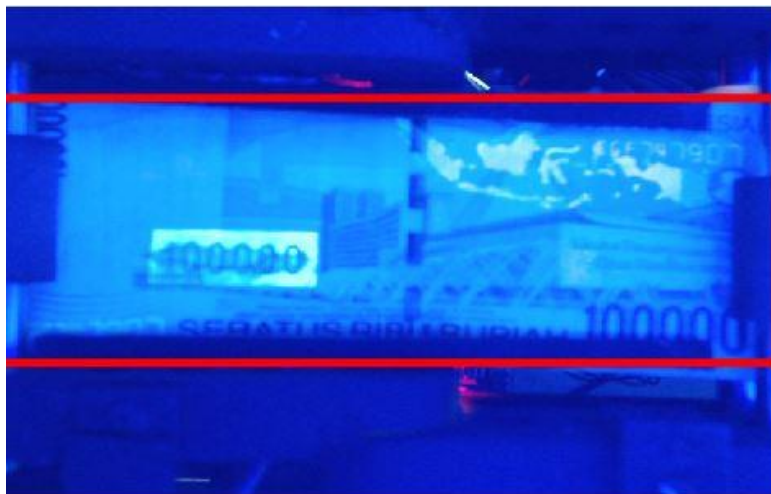


Gambar 3.12 Ilustrasi Teknik Pencahayaan Ultraviolet Proses Pengambilan Gambar Citra Uang Kertas Rupiah

3.2.2 Proses *Cropping*

Proses *Cropping* atau pemotongan gambar dilakukan untuk memotong bagian tepi dari gambar yang tidak diperlukan. Koordinat *piksel* area pemotongan ditentukan dengan cara manual berdasarkan percobaan berkali-kali sampai didapatkan koordinat *piksel* area pemotongan yang sesuai. Pada gambar 3.13 dan gambar 3.14 merupakan tampilan dari gambar asli dan gambar hasil proses *cropping*.

Berdasarkan beberapa kali percobaan dalam menentukan koordinat area *cropping* agar didapat hasil *cropping* yang sesuai, maka nilai koordinat awal $X = 0$ dan koordinat $Y = 90$ ditarik dengan panjang 640 *piksel* dan lebar 260 *piksel*. Sehingga gambar yang didapat dari kamera *webcam* yang tadinya berukuran 1280 x 720 sekarang menjadi berukuran 640 x 260.



Gambar 3.13 Citra Asli Uang Kertas Rupiah



Gambar 3.14 Citra Hasil Proses *Cropping*

3.2.3 Proses *Grayscale*

Proses selanjutnya adalah proses *grayscale*, yaitu merubah gambar dari skala *RGB* menjadi skala keabuan, sehingga gambar hasil proses *grayscale* memiliki nilai intensitas warna *RGB* yang sama. Dalam proses ini gambar hasil proses *cropping* yang akan diproses *grayscale*. Untuk mendapatkan gambar *grayscale* dalam penelitian ini digunakan fungsi dari matlab. Pada gambar 3.15 merupakan hasil dari proses *grayscale*.

3.2.4 Proses *Resize*

Dari gambar *grayscale* selanjutnya dilakukan proses *resize*, proses ini bertujuan untuk mengecilkan ukuran dari citra yang sudah diambil. Proses *resize* digunakan untuk mempermudah dan mempercepat proses komputasi perhitungan menggunakan *PC* atau laptop. Dari proses ini peneliti memperkecil gambar *grayscale* dengan ukuran 640 x 260 menjadi berukuran 80 x 32. Gambar 3.16 menunjukkan hasil dari proses *resize*.



Gambar 3.15 Citra Hasil Proses *Grayscale*


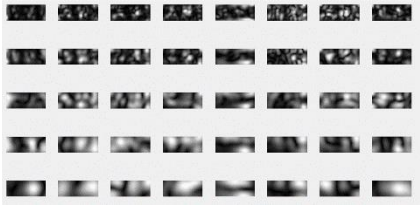

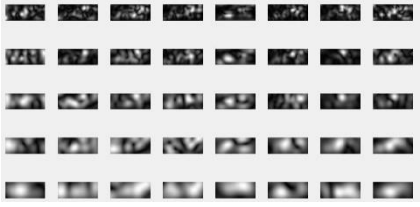

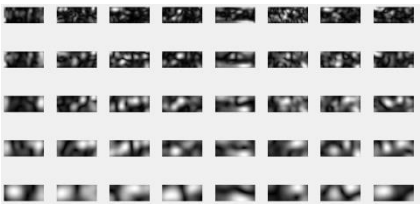


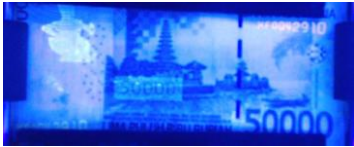
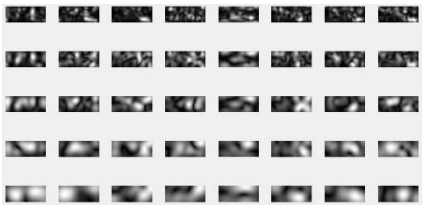

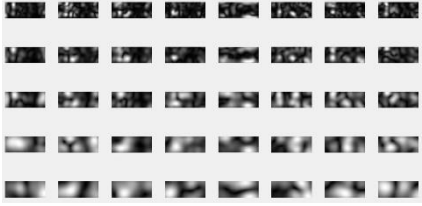

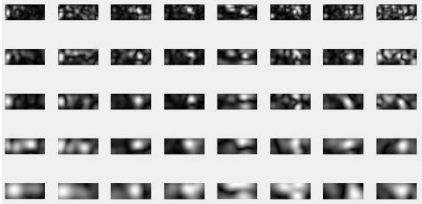

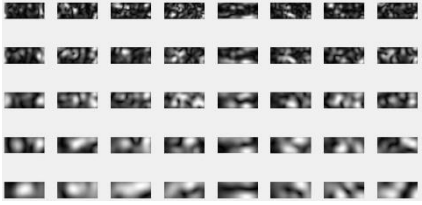

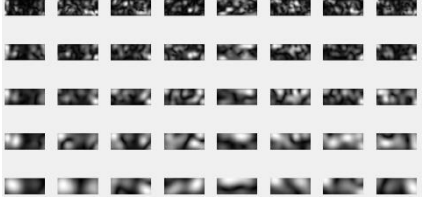
Gambar 3.16 Citra Hasil Proses *Resize*

3.2.5 Ekstraksi Fitur menggunakan *Wavelet Gabor*


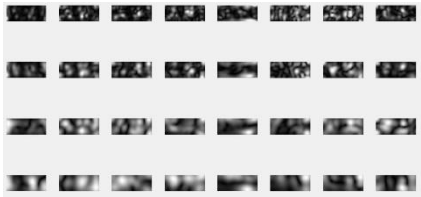



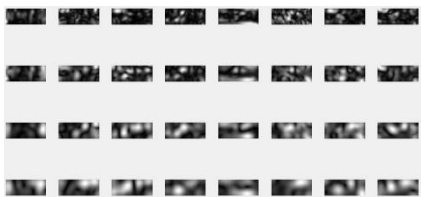



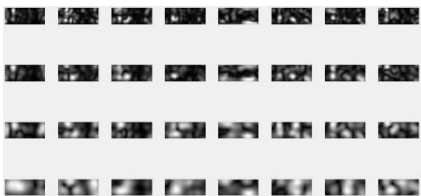
Proses selanjutnya adalah ekstraksi fitur menggunakan *wavelet* Gabor. Proses ini akan menghasilkan citra fitur Gabor dari proses *resize*. Filter yang digunakan untuk mendapatkan citra fitur Gabor memiliki orientasi dan skala. Orientasi Gabor menunjukkan posisi filter saat ekstraksi dilakukan dan skala Gabor menunjukkan besar / kecilnya *magnitude* dari filter tersebut. Filter Gabor sangat cocok diterapkan pada uang kertas rupiah karena tiap – tiap citra uang kertas ini memiliki fitur – fitur yang berbeda dan unik. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan *wavelet* Gabor 8 Orientasi 5 Skala, 8 Orientasi 4 Skala dan 8 Orientasi 3 Skala. Hasil dari ekstraksi fitur uang kertas rupiah menggunakan *wavelet* gabor dapat diamati pada tabel 3.1, tabel 3.2 dan tabel 3.3.




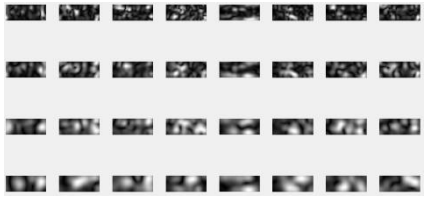

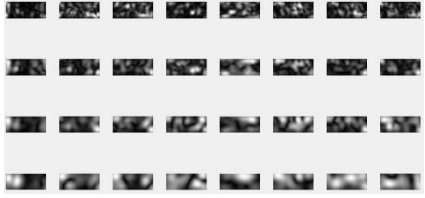
Tabel 3.1 Ekstraksi Fitur Uang Kertas Rupiah 8 Orientasi 5 Skala

No.	Nominal Uang Kertas	Citra Uang Kertas	Hasil Ekstraksi Fitur
1	Rp 100.000		
			
2	Rp 50.000		

			
3	Rp 20.000		
			
4	Rp 10.000		
			


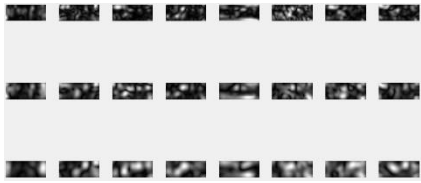

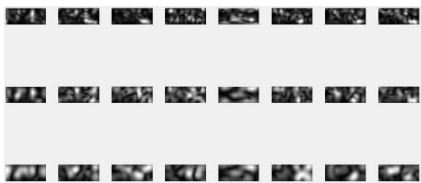








Tabel 3.2 Ekstraksi Fitur Uang Kertas Rupiah 8 Orientasi 4 Skala

No.	Nominal Uang Kertas	Citra Uang Kertas	Hasil Ekstraksi Fitur
1	Rp 100.000		
			
2	Rp 50.000		
			
3	Rp 20.000		

			
4	Rp 10.000		
			

Tabel 3.3 Ekstraksi Fitur Uang Kertas Rupiah 8 Orientasi 3 Skala

No.	Nominal Uang Kertas	Citra Uang Kertas	Hasil Ekstraksi Fitur
1	Rp 100.000		
			

2	Rp 50.000		
			
3	Rp 20.000		
			
4	Rp 10.000		
			

3.2.6 Pembuatan Basis Data Sistem Pengenalan Uang Kertas Rupiah

Basis data sistem pengenalan uang kertas rupiah adalah kumpulan citra uang kertas yang sudah melalui proses *filtering* menggunakan *wavelet gabor*. Citra ini kemudian ditata menjadi [matriks multi baris x 1] dan disimpan pada suatu matriks dengan ukuran tertentu. Hasil dari proses ini adalah file dengan ekstensi .mat. Penelitian ini menggunakan basis data uang kertas nominal Rp 100.000 , Rp 50.000 , Rp 20.000 dan Rp 10.000. Uang kertas yang digunakan adalah keluaran emisi 2004. Pembuatan dari basis data menggunakan citra 4 nominal uang dengan 4 posisi. Tiap – tiap nominal akan diambil 10 uang kertas rupiah dengan bermacam - macam bentuk dengan tujuan agar akurasi semakin tinggi. Hasil dari ekstraksi fitur uang kertas rupiah menggunakan *wavelet gabor* dapat diamat pada gambar 3.17.



Gambar 3.17 Citra 160 Uang Kertas untuk Basis Data

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

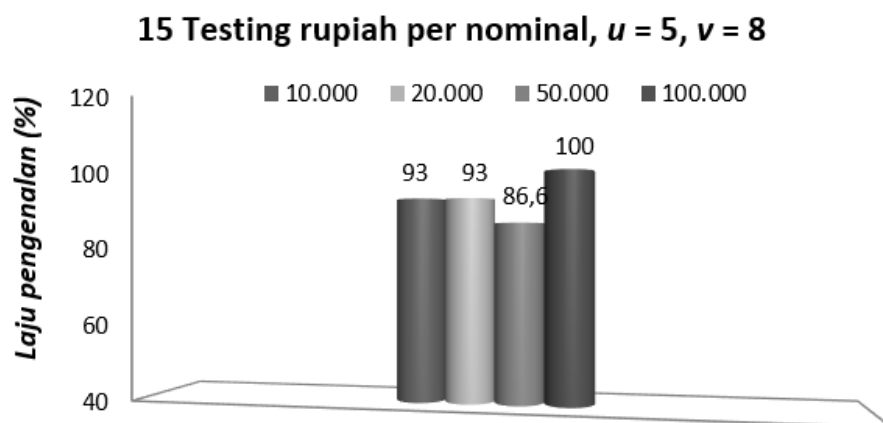
Pengujian pada penelitian ini menggunakan 15 lembar data uji uang kertas rupiah asli dan 5 lembar data uji uang kertas rupiah palsu dengan masing - masing nominal uang kertas rupiah yang tidak berpengaruh pada posisi. Data uji ini didapatkan dari luar basis data. Dari semua itu akan didapatkan 80 data uji yang akan diujikan pada penelitian ini yaitu masing-masing 15 lembar uang kertas Rp 100.000, 15 lembar uang kertas Rp 50.000, 15 lembar uang kertas Rp 20.000, 15 lembar uang kertas Rp 10.000 dan total 20 lembar uang kertas rupiah palsu. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut.

4.1 Pengujian pada Gabor 8 Orientasi 5 Skala

Hasil pengujian pada Gabor 8 Orientasi 5 Skala dapat dilihat pada tabel 4.1. Total rata-rata akurasi 93,15% sehingga jika digambarkan dalam bentuk diagram adalah sebagai gambar 4.1.

Tabel 4.1 Pengujian pada Gabor 8 Orientasi 5 Skala

No	Nominal	Jumlah data uji	Hasil gagal	Akurasi
1	Rp 100.000	15 lembar	0	100%
2	Rp 50.000	15 lembar	2	86,6%
3	Rp 20.000	15 lembar	1	93%
4	Rp 10.000	15 lembar	1	93%



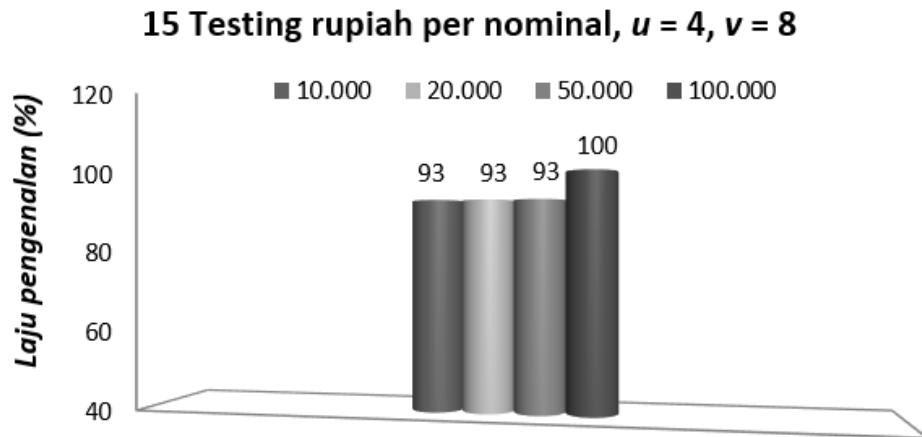
Gambar 4.1 Hasil Data Uji Gabor 8 Orientasi 5 Skala

4.2 Pengujian pada Gabor 8 Orientasi 4 skala

Hasil pengujian pada Gabor 8 Orientasi dan 4 Skala dapat dilihat pada tabel 4.2. Total rata-rata akurasinya 94,75% sehingga jika digambarkan dalam bentuk diagram adalah sebagai gambar 4.2.

Tabel 4.2 Pengujian pada Gabor 8 Orientasi 4 Skala

No	Nominal	Jumlah data uji	Hasil gagal	Akurasi
1	Rp 100.000	15 lembar	0	100%
2	Rp 50.000	15 lembar	1	93%
3	Rp 20.000	15 lembar	1	93%
4	Rp 10.000	15 lembar	1	93%



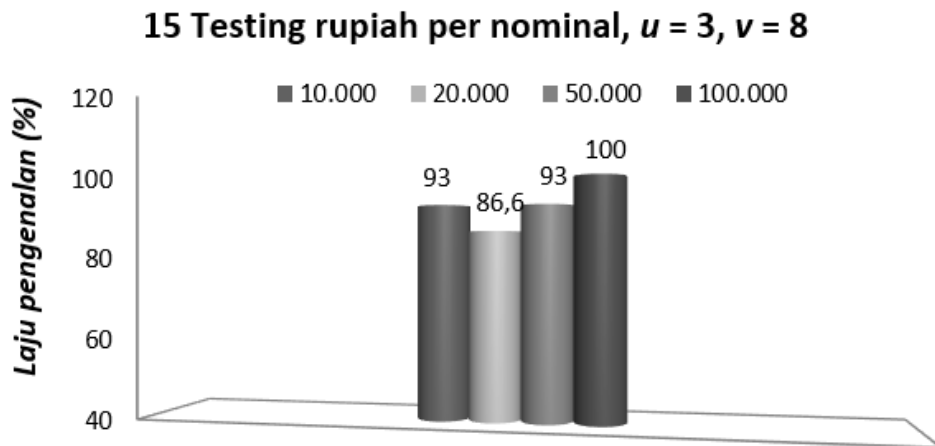
Gambar 4.2 Hasil Data Uji Gabor 8 Orientasi 4 Skala

4.3 Pengujian pada Gabor 8 Orientasi 3 Skala

Hasil pengujian pada Gabor 8 Orientasi dan 3 Skala dapat dilihat pada tabel 4.3. Total rata-rata akurasinya 93,15% sehingga jika digambarkan dalam bentuk diagram adalah sebagai gambar 4.3.

Tabel 4.3 Pengujian pada Gabor 8 Orientasi 3 Skala

No	Nominal	Jumlah data uji	Hasil gagal	Akurasi
1	Rp 100.000	15 lembar	0	100%
2	Rp 50.000	15 lembar	1	93%
3	Rp 20.000	15 lembar	2	86,6%
4	Rp 10.000	15 lembar	1	93%



Gambar 4.3 Hasil Data Uji Gabor 8 Orientasi 3 Skala

4.4 Pengujian pada Uang Kertas Rupiah Palsu

Pengujian uang kertas rupiah palsu dilakukan dengan menggunakan uang kertas rupiah yang dicetak dengan printer warna. Uang palsu yang diujikan berjumlah 5 lembar masing – masing nominal yaitu uang kertas rupiah Rp 100.000, Rp 50.000, Rp 20.000 dan Rp 10.000. Terlihat pada gambar 4.4 tidak adanya *watermark* pada uang palsu walaupun menggunakan sinar ultraviolet. Pengujian uang palsu terlihat pada tabel 4.4.

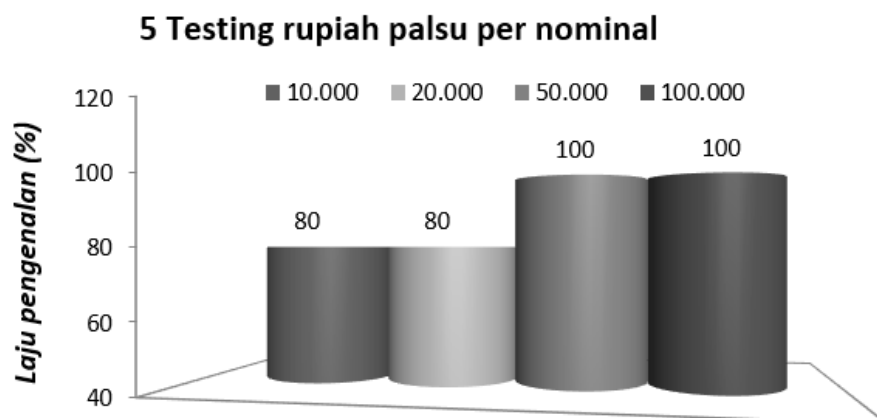


Gambar 4.4 Uang Kertas Rupiah Palsu

Tabel 4.4 Pengujian pada Uang Kertas Rupiah Palsu

No	Nominal	Jumlah data uji	Hasil gagal	Akurasi
1	Rp 100.000	5 lembar	0	100%
2	Rp 50.000	5 lembar	0	100%
3	Rp 20.000	5 lembar	1	80%
4	Rp 10.000	5 lembar	1	80%

Total rata-rata akurasinya 90% sehingga jika digambarkan dalam bentuk diagram adalah sebagai gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hasil Data Uji Uang Kertas Rupiah Palsu

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan penyusunan tesis ini maka dapat disimpulkan bahwa sistem pengenalan mata uang kertas asli yang tidak tergantung kepada posisi (*rotation in variant*) dengan menggunakan Gabor *wavelet* sebagai ekstraktor fitur menghasilkan ke akuratan sebesar 93,15%. Hasil ini dicapai dengan menggunakan filter bank Gabor 8 orientasi dan 5 skala. Uji coba dilakukan dengan basis data uang kertas rupiah yang terdiri dari 160 citra uang kertas yang berasal dari 4 uang kertas dengan nominal yang berbeda. Adapun akurasi pengenalan ini tidak tergantung pada degradasi warna serta adanya bercak atau noda pada uang. Disamping itu mampu mengenali uang kertas rupiah palsu.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian dan berbagai percobaan dalam menyusun tesis ini, peneliti ingin memberikan beberapa saran, pertama adalah untuk mempercepat waktu proses pengenalan, maka fitur dengan dimensi yang besar pada uang dapat direduksi dengan menggunakan *PCA (Principal Component Analysis)*. Kedua adalah untuk penelitian selanjutnya dapat ditambahkan tampilan suara agar pembacaan dari uang kertas rupiah dapat dimengerti oleh penyandang disabilitas seperti tunanetra. Ketiga adalah pengujian ditambahkan data uji uang kertas rupiah yang besar seperti 500 lembar uang kertas rupiah dan ditambahkan metode untuk mengidentifikasi data uji yang bukan merupakan uang kertas rupiah.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bank Indonesia, “Buku Panduan Uang Rupiah”, Direktorat Pengedaran Uang Bank Indonesia, 2011.
- [2] H. Kusuma, W. Wirawan, A. Soeprijanto, “Gabor-based face recognition illumination variation using subspace-linear discriminant analysis”, Telecommunication Computing Electronics and Control, 2012, pp.119-128.
- [3] Chin-Chen Chang, Tai-Xing Yu and Hsuan-Yen Yen, “Paper currency verification with support vector machines”, Third international IEEE Conference, 2008, pp.860-865.
- [4] Dyakshini, Sathisha K., “Bank Automation System for Indian Currency- a Novel Approach”, 2011, pp.299-302.
- [5] Hassanpour, H. Yaseri, A. And Ardeshir G. “Feature Extraction For Paper Currency Recognition”, ISSPA Sharjah, UAE,2007.
- [6] Junfang Guo, Yanyun Zhao, Anni CAI, “A Reliable Method for Paper Currency Recognition Based on IBP”, proceedings of IC-NIDC, 2010.
- [7] Kepenekci, B. (2001). “Face Recognition using Gabor wavelet transform”. M.S. thesis, Dept. Of electrical and electronic engineering, The Middle East Technical University.
- [8] Sanjana, Manoj Diwakar, Anand Sharma “An Automated Recognition Of Fake Or Destroyed Indian Currency Notes In Machine Vision”, IJCSMS international journal of computer science & management studies, vol. 12, issue 02, April 2012.

- [9] Vinaj kumarB., Sai Sharan D. R, “Pattern Recognition With Localized Gabor Wavelet Grids”, International Conference On Computational Intelligence And Multimedia Applications, 2007, pp.517-521.
- [10] Yifeng Liu, Lin Zeng, Yan Huang, “Haar-SVM for Real-time Banknotes Recognition”, Journal of Information & Computation Science 11:12, 2014, pp.4031-4039.
- [11] Rahardjo, Panca Mudji, “Pengenalan Ekspresi Wajah berbasis Filter Gabor dan Backpropagation Neural Network”, Jurnal EECCIS Vol. IV, No. 1, Juni 2010.
- [12] Wei-lun Chai, “Gabor Wavelet Transform and Its Application”, R98942073.
- [13] Madhura, B., Suthanthira Devi, P., “Automatic Face Recognition Using Gabor Wavelet and Robust Structured Spares Representation”, IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE), 2014, PP 82-85.
- [14] Ecadion dkk. (2017), “Berkenalan dengan Arduino Nano”, Ecadio.com, <http://ecadio.com/mengenal-dan-belajar-arduino-nano>, Diakses pada tanggal 1 Juli 2018
- [15] Obet. (2017), “Tutorial Arduino mengakses driver motor L298N”, nyebarilmu.com, <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-driver-motor-l298n/>, Diakses pada tanggal 1 Juli 2018
- [16] Vcc2gnd dkk. (2014), “TCRT5000 infrared Reflective/ Proximity Sensor”, blog.vcc2gnd.com, http://blog.vcc2gnd.com/2014/01/tcrt5000-infrared-reflectiveproximity_23.html, Diakses pada tanggal 1 Juli 2018
- [17] Tissor dkk. (2016), “Cara kerja dan jenis-jenis Deteksi Uang Palsu Lampu Ultraviolet”, tissorindonesia.com, <http://tissorindonesia.com/cara-kerja-dan-harga-alat-deteksi-uang-palsu-lampu-ultra-violet/>, Diakses pada tanggal 1 Juli 2018

- [18] Shaleh. (2014), “Pengertian WebCam dan Jenisnya”, rumahshaleh.com, <http://rumahshaleh.com/pengertian-webcam-dan-jenisnya/>, Diakses pada tanggal 1 Juli 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Data Uang Kertas Rupiah Palsu

Uang/ Data ke	1	2	3	4	5	6	7	8
10p sisi 4	941,40	787,48	914,54	925,80	924,64	929,17	950,50	915,85
10p sisi 3	883,48	803,73	889,57	889,51	854,61	882,83	894,99	874,73
10p sisi 2	922,15	858,41	916,22	921,95	846,53	946,78	966,72	924,91
10p sisi 1	902,47	685,16	879,99	868,30	870,89	890,80	907,20	874,98
20p sisi 4	938,68	801,33	923,53	913,71	912,82	936,15	929,00	931,31
20p sisi 3	903,29	792,09	892,35	874,35	879,61	913,28	939,08	902,33
20p sisi 2	932,11	858,11	922,61	938,70	892,17	944,85	948,93	921,61
20p sisi 1	963,76	791,62	950,70	943,66	920,72	949,68	935,55	909,56
50p sisi 4	918,80	765,13	893,41	877,29	845,65	893,11	897,59	863,54
50p sisi 3	869,13	747,55	861,99	865,20	856,54	890,76	928,14	869,22
50p sisi 2	831,08	777,81	824,25	845,29	795,44	912,56	907,99	909,48
50p sisi 1	929,97	774,19	909,86	916,29	903,47	920,77	919,07	891,32
100p sisi 4	924,90	782,87	914,45	919,56	891,62	894,70	893,31	886,93
100p sisi 3	883,86	798,85	855,65	850,60	835,20	889,62	897,32	865,64
100p sisi 2	836,47	774,78	859,58	833,87	820,39	745,66	753,48	710,88
100p sisi 1	893,64	747,55	860,47	803,20	816,68	891,65	924,92	890,16

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
894,84	896,07	870,82	880,54	882,15	864,90	812,20	811,50	787,79	850,72	771,69
812,70	867,71	871,55	874,63	876,90	858,71	818,63	803,62	798,30	844,46	812,51
859,57	929,30	889,89	884,58	887,92	870,49	832,56	814,57	836,07	867,33	829,98
856,25	858,58	856,26	845,20	848,12	850,01	816,13	743,00	724,22	812,67	728,56
865,32	912,94	839,14	846,24	844,41	835,22	808,43	820,60	784,05	872,95	757,76
848,93	887,01	876,79	883,69	864,41	869,96	827,62	792,19	774,17	827,88	790,45
842,94	916,10	871,72	879,20	882,39	876,50	823,76	831,53	846,54	883,00	846,93
864,02	899,48	857,17	850,87	867,32	849,21	831,14	826,70	811,70	880,63	809,83
793,60	853,61	840,25	865,19	832,31	864,98	785,09	856,69	826,93	892,87	811,58
853,63	846,41	908,96	891,56	899,57	890,44	833,51	820,28	835,23	849,75	821,82
809,45	895,76	833,67	841,03	834,08	826,64	773,86	810,91	785,84	854,85	785,22
864,38	875,18	879,16	874,01	873,33	881,45	854,02	816,27	787,09	876,84	782,00
819,99	858,67	813,81	812,33	800,10	826,55	799,57	807,27	753,02	868,05	739,75
816,74	850,65	807,63	803,57	802,04	784,69	693,49	753,70	767,64	786,98	764,04
723,48	682,47	814,75	814,14	807,27	791,37	776,15	816,44	809,66	834,91	806,61
855,36	863,71	836,66	841,88	828,59	835,07	770,86	816,13	780,85	806,44	778,18

20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
886,16	751,83	748,03	893,91	829,78	721,55	849,84	789,40	810,99	765,49	860,21
850,71	809,74	805,02	861,29	824,50	781,66	779,07	726,81	759,62	727,96	797,81
868,99	851,26	855,97	802,24	770,68	796,70	822,65	631,33	809,04	623,16	841,39
832,32	621,81	631,43	795,57	720,09	613,28	820,92	813,19	794,89	793,64	820,40
893,35	758,85	764,05	891,04	844,03	734,11	861,82	807,05	835,09	767,29	877,93
832,91	803,96	792,57	882,21	827,94	754,75	818,49	778,68	784,38	765,05	834,54
882,39	882,70	878,45	806,05	792,27	816,81	814,91	642,02	815,97	613,94	853,06
898,65	687,49	680,93	821,39	747,02	680,43	835,27	808,83	813,99	778,33	868,09
923,97	763,94	770,24	828,49	781,64	729,80	823,49	777,87	780,12	753,97	853,37
858,24	825,09	809,38	822,93	800,14	757,76	798,05	769,15	762,44	756,96	804,10
856,89	808,04	789,89	741,79	742,89	741,02	819,49	614,35	755,37	594,50	828,25
894,19	620,15	665,80	819,32	740,24	645,41	823,08	807,27	795,74	792,48	839,27
899,21	724,94	724,64	803,87	765,36	689,53	826,21	768,41	792,85	716,15	841,18
803,24	790,94	792,72	836,88	781,19	764,95	813,62	760,60	784,01	743,77	814,95
844,82	769,06	779,84	799,00	823,43	757,58	753,55	744,39	708,62	735,18	769,21
827,30	767,11	750,24	866,47	829,32	736,92	850,37	818,92	814,12	815,05	866,86

31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
832,66	798,38	819,37	799,24	785,65	816,10	826,62	819,82	848,80	793,32	753,59
744,39	757,67	782,67	738,33	738,07	787,03	805,90	779,46	800,24	793,77	806,07
789,66	815,78	818,84	778,19	766,71	783,52	794,08	772,42	792,49	804,34	835,05
802,23	792,87	792,10	788,55	788,30	752,05	728,51	746,00	755,47	729,75	645,72
829,67	801,18	828,71	791,25	780,48	808,57	813,74	824,52	833,62	749,56	721,66
816,41	792,09	834,44	774,05	783,18	738,54	725,74	742,21	762,58	749,37	827,99
829,91	827,11	832,66	798,32	784,63	777,49	782,03	785,65	801,55	790,41	839,59
824,67	831,17	842,67	808,89	804,60	815,71	806,57	814,78	830,50	800,73	617,72
780,61	792,84	800,07	764,44	746,66	738,25	752,26	756,50	722,50	650,28	762,97
719,53	710,05	767,97	628,18	707,21	736,09	750,69	754,32	754,95	772,31	792,09
778,12	790,07	787,41	751,58	760,40	767,19	767,08	769,44	788,34	755,55	798,03
805,21	836,05	824,99	803,25	794,46	829,83	817,29	824,44	850,90	819,06	741,08
803,50	803,34	803,24	775,41	768,63	782,06	799,94	803,10	779,20	726,82	706,99
788,48	759,66	772,71	726,24	743,39	738,04	739,42	724,81	783,38	771,83	776,55
744,71	734,91	734,96	676,57	701,70	740,18	763,77	754,94	746,14	759,50	784,00
816,69	808,29	853,23	788,97	822,32	762,70	756,33	762,92	773,79	766,24	765,61

42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
767,56	773,01	762,00	789,42	849,21	840,46	852,93	845,81	808,83	846,30	854,11
815,90	812,25	831,00	857,72	836,19	827,20	797,54	771,52	788,60	742,21	740,16
825,92	825,47	862,86	858,77	801,44	738,71	683,86	734,76	782,35	792,55	788,84
649,91	633,57	660,93	668,04	800,77	836,57	857,66	825,28	774,50	868,46	877,17
737,35	734,18	763,37	762,09	828,44	858,96	859,49	850,43	829,09	868,52	864,35
828,65	812,16	839,42	848,85	829,68	840,76	820,55	793,02	789,68	678,61	742,81
812,76	809,20	853,54	864,53	750,69	601,22	484,70	659,10	685,89	792,86	808,05
586,16	607,66	536,58	724,94	829,23	835,48	807,72	824,64	819,36	853,34	852,89
759,74	768,56	770,06	784,70	803,06	814,06	831,22	799,73	787,65	807,35	809,34
804,23	797,71	818,53	833,48	839,32	822,73	809,25	733,86	827,91	778,29	775,70
778,99	767,85	822,46	792,68	785,97	754,74	716,27	718,57	778,83	718,40	730,02
721,64	744,38	700,89	818,10	827,38	843,47	840,58	824,16	813,78	837,59	834,01
708,79	712,89	739,91	766,78	788,52	813,02	800,14	818,89	786,07	817,16	827,88
773,48	762,78	805,10	792,82	789,68	787,24	750,21	736,56	766,85	759,09	783,72
787,49	784,85	807,30	798,58	771,30	782,00	786,01	753,75	790,97	731,53	705,80
782,16	763,41	763,71	761,68	822,88	843,32	852,36	814,18	802,28	800,45	826,71

53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
860,81	873,36	838,42	710,64	782,98	645,66	766,56	764,79	781,25	841,45	811,64
789,11	769,54	764,39	770,73	848,36	735,90	848,95	798,82	800,95	821,52	821,98
835,20	846,84	805,64	841,64	883,37	803,56	886,78	857,25	854,96	916,60	865,13
871,68	896,18	841,17	738,41	774,25	710,85	743,48	754,15	604,30	693,52	653,54
856,15	884,04	838,31	589,10	751,71	460,81	720,29	660,47	792,84	843,85	817,35
762,13	774,30	708,24	811,12	847,54	776,39	835,81	811,17	824,96	886,50	849,11
845,57	853,26	813,02	879,54	910,72	825,38	896,30	880,65	884,99	936,49	904,94
887,49	877,16	836,13	824,53	859,11	746,87	857,69	833,58	775,61	859,26	828,79
808,22	838,96	808,46	755,75	828,93	672,87	820,67	780,11	789,74	865,61	821,82
833,17	838,02	767,65	767,62	818,22	743,50	798,92	776,99	823,82	856,34	856,47
733,72	777,40	696,94	751,73	833,68	711,83	815,78	791,80	824,20	873,46	818,74
850,18	862,50	832,86	739,83	799,67	699,94	797,04	773,10	788,44	825,38	809,66
836,65	843,88	809,00	715,44	800,90	673,41	792,89	745,63	759,18	847,37	799,48
810,82	811,16	763,08	788,47	781,92	759,31	768,27	782,99	813,18	868,55	842,92
762,01	753,38	723,22	753,02	817,76	724,15	800,78	761,71	799,97	796,77	818,35
823,01	849,16	805,67	786,85	800,40	730,01	794,62	786,39	786,74	867,16	814,40

64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
734,63	734,88	808,02	834,86	756,57	802,23	853,63	853,17	826,49	817,34	883,71
751,45	792,75	741,82	789,42	717,41	740,09	842,14	714,22	604,39	651,95	850,60
837,22	865,06	612,88	654,79	563,05	719,72	829,98	862,34	798,86	838,29	922,00
476,95	548,82	833,81	866,69	770,11	788,75	849,96	851,85	805,74	808,97	877,91
752,37	778,17	806,49	840,41	778,89	801,27	839,18	853,67	835,01	827,77	901,78
784,24	820,88	804,09	833,24	765,63	794,92	892,15	838,86	794,21	802,64	913,03
863,48	886,82	672,86	710,65	687,79	735,74	883,80	892,09	852,40	875,99	934,88
691,93	714,16	830,86	843,00	768,78	818,57	874,92	853,39	822,93	832,13	881,47
782,26	787,03	767,44	786,15	732,31	767,24	796,45	848,37	811,49	817,96	888,40
775,79	792,70	788,60	788,29	714,65	758,08	846,84	822,25	769,94	783,90	891,00
792,38	818,47	694,29	687,65	646,43	762,20	828,09	812,24	746,98	770,30	868,53
716,96	738,87	828,71	848,51	761,98	818,29	844,75	867,11	825,48	842,19	889,27
726,60	738,42	777,33	814,88	758,55	771,83	818,88	856,00	820,13	830,18	868,04
801,21	831,06	757,89	771,85	718,61	756,69	838,19	834,24	786,68	798,07	861,98
753,18	774,50	763,02	796,00	721,92	759,36	826,03	749,41	739,14	761,96	803,81
769,75	782,94	799,35	807,67	776,51	801,48	829,36	874,74	826,22	814,74	896,98

75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
835,55	913,30	869,74	687,74	711,80	692,16	813,97	777,47	793,66	795,58	760,36
662,24	852,92	790,46	797,88	825,06	764,82	886,28	863,72	852,50	867,23	842,14
837,36	829,40	765,05	757,08	767,29	739,81	880,73	897,94	881,70	905,86	869,09
796,59	874,61	822,96	769,20	784,65	760,26	807,64	798,53	791,47	784,12	749,82
824,01	890,06	844,09	719,74	754,96	716,23	818,22	799,44	808,17	821,73	776,90
809,15	836,10	792,21	805,10	810,95	780,72	852,80	837,73	803,31	834,67	805,43
859,12	831,84	795,02	777,96	801,07	768,14	884,74	887,46	878,97	890,30	859,38
821,18	903,71	858,61	837,81	853,86	823,07	851,47	817,10	804,43	803,93	780,73
828,99	868,40	839,97	733,19	783,97	745,04	759,69	750,76	766,07	771,65	736,13
770,71	856,91	825,21	790,79	813,39	768,13	834,19	811,35	797,40	810,24	782,68
773,07	785,26	722,07	710,01	729,97	703,07	805,10	804,50	791,48	820,89	777,55
820,98	883,35	835,02	777,77	773,62	769,51	823,22	811,11	821,77	803,41	784,57
809,37	882,52	832,19	758,59	777,59	748,16	835,19	830,88	847,89	842,91	818,83
810,52	810,23	765,84	764,59	761,84	732,35	788,01	786,01	746,72	771,23	742,18
734,91	813,25	780,62	809,63	840,52	803,97	834,68	802,35	818,82	795,85	795,53
824,50	870,19	818,04	754,92	794,87	771,52	572,41	564,80	240,91	580,73	470,90

86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
881,07	858,23	818,08	863,40	820,36	774,30	811,74	819,30	774,53	751,01	695,33
772,89	776,86	742,34	773,73	739,95	760,15	757,98	720,18	752,52	727,17	776,10
785,23	827,85	834,32	839,14	807,13	786,77	755,92	751,11	762,63	752,84	809,29
816,79	820,17	802,29	825,43	814,00	823,33	833,41	874,58	799,21	804,92	740,77
837,36	833,35	774,35	834,35	791,98	782,24	824,83	827,24	791,03	772,34	668,85
806,16	821,83	785,40	811,19	774,46	738,39	736,14	720,17	731,71	721,93	815,76
782,24	850,91	855,61	855,16	825,00	777,87	763,16	769,22	779,64	760,49	811,14
789,77	823,67	806,49	810,42	776,36	803,97	790,34	802,19	773,33	774,16	717,52
792,71	814,22	808,29	811,35	791,86	814,80	835,15	830,28	812,90	799,29	652,77
738,14	725,90	759,76	728,77	679,57	713,27	684,22	650,13	667,40	678,39	735,91
770,49	793,34	784,45	792,92	770,45	733,13	716,79	711,04	728,51	704,34	718,72
817,65	822,87	815,54	818,76	789,29	790,51	811,06	801,84	763,81	775,64	683,33
751,22	788,91	781,27	790,50	770,91	811,80	833,62	802,59	800,51	792,36	490,66
803,99	818,17	809,26	815,61	748,54	411,85	473,80	517,39	499,53	294,86	783,35
416,68	381,99	526,71	349,94	406,76	809,95	804,98	781,68	791,11	758,52	710,00
845,30	836,64	834,93	844,53	806,33	767,38	770,26	814,52	769,47	744,35	801,45

97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107
745,82	747,97	702,70	776,35	725,72	716,49	723,03	684,72	684,00	779,70	804,43
797,24	808,99	799,31	831,53	816,60	789,52	816,66	776,63	764,79	705,26	726,80
847,12	828,55	833,54	847,21	827,35	823,76	832,89	832,44	811,96	590,56	616,43
735,21	720,67	739,44	758,54	694,94	679,68	678,78	662,91	664,86	807,59	833,58
699,17	707,86	682,81	719,92	763,45	760,29	768,52	730,65	741,97	784,02	809,85
831,23	832,93	836,07	849,45	829,93	809,64	819,29	786,54	784,67	728,22	745,88
834,37	839,19	841,72	842,29	844,55	837,79	837,39	853,92	832,75	641,98	630,50
745,78	751,34	743,01	772,10	694,39	663,11	656,33	627,65	634,01	772,41	788,81
738,65	706,71	708,75	724,58	711,63	706,83	695,97	682,20	673,12	778,35	781,41
771,75	794,85	765,10	784,70	741,44	748,09	753,53	746,41	731,13	670,90	696,56
757,46	753,71	758,32	761,41	761,99	759,08	756,08	757,83	755,71	463,81	403,17
710,94	711,44	709,45	725,78	365,21	404,43	415,68	381,31	334,32	769,57	796,31
379,23	346,51	502,69	436,43	694,30	706,32	705,18	717,51	703,03	733,05	750,66
804,39	787,18	797,63	807,42	753,90	750,68	765,59	771,35	744,10	696,13	703,20
726,65	730,01	725,80	745,86	760,75	763,58	762,12	728,32	737,93	738,21	745,61
824,72	801,14	823,03	838,69	749,05	746,18	736,88	749,48	753,90	797,58	794,93

108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
772,19	777,79	790,87	826,12	791,23	776,10	799,61	806,86	652,21	682,81	657,82
684,81	730,79	707,01	735,74	718,55	678,30	712,10	704,67	780,36	831,32	779,87
551,37	656,33	580,25	761,98	785,41	729,87	757,72	767,94	812,64	857,78	823,19
785,18	826,27	788,26	822,73	807,09	806,14	806,23	822,01	772,17	773,89	769,34
776,86	764,44	791,57	829,91	830,58	799,42	811,56	829,27	703,09	718,58	704,74
722,38	717,80	733,48	776,13	763,33	705,41	733,94	746,14	783,65	818,81	768,99
593,62	693,83	632,04	785,40	810,95	770,00	784,48	796,47	812,87	864,98	822,80
752,69	780,85	755,05	810,49	773,43	792,02	799,60	813,36	750,60	786,62	741,15
765,02	744,39	776,06	815,56	801,56	783,18	799,23	814,27	393,51	392,37	294,84
673,78	720,65	669,89	450,05	388,49	330,02	429,56	438,82	780,13	811,71	768,69
347,54	392,46	386,56	757,89	780,30	726,29	754,59	755,18	720,94	770,92	732,48
757,36	767,18	764,89	827,93	793,95	777,38	801,94	805,08	716,96	764,07	716,83
715,43	742,81	735,73	817,88	820,49	772,38	807,29	818,12	687,13	716,17	681,57
694,60	687,07	702,14	718,66	698,68	698,91	694,54	693,33	768,56	811,37	773,12
726,75	744,21	731,97	694,79	705,91	691,15	713,89	696,11	774,41	802,12	760,74
787,72	768,62	798,55	804,43	794,29	793,05	784,21	800,67	734,00	749,13	728,22

119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
679,02	667,52	739,91	754,98	727,57	752,72	770,67	791,97	773,63	769,44	787,77
795,43	808,38	774,51	782,90	748,34	774,11	819,00	745,37	739,10	722,18	720,80
824,10	841,85	786,78	821,28	781,37	790,77	845,37	635,18	581,80	639,26	555,60
775,54	779,63	649,78	670,15	644,57	610,97	671,54	807,96	795,80	784,82	789,50
733,64	706,25	743,57	773,92	730,19	730,63	747,45	784,90	771,11	759,47	777,17
788,82	805,33	777,73	786,20	758,50	778,33	817,50	741,19	738,98	720,23	732,36
833,49	849,30	798,81	820,98	790,53	801,15	848,34	375,09	268,18	540,72	324,33
759,26	779,72	361,20	289,51	317,24	365,05	571,93	764,51	768,20	757,28	721,90
384,85	350,72	743,99	780,09	731,01	752,06	768,69	779,59	777,82	765,21	777,96
790,60	798,76	733,21	760,04	738,22	753,14	794,47	754,82	752,50	745,45	720,21
732,70	747,23	761,07	782,74	760,05	761,28	787,19	634,12	617,30	616,99	574,30
713,01	745,47	632,03	702,22	626,04	654,79	708,78	820,49	816,08	778,58	784,51
691,58	695,00	719,86	757,48	712,23	710,83	733,64	765,21	755,00	745,45	739,83
783,47	802,42	745,63	780,69	746,88	758,41	777,16	721,92	705,60	698,50	684,56
759,73	786,90	735,36	762,77	721,46	734,19	775,47	747,29	748,24	743,15	736,88
750,23	741,67	734,46	765,90	742,08	753,08	776,23	787,65	793,89	775,33	796,88

130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
762,57	770,36	796,84	755,23	707,00	745,34	586,72	663,31	582,13	612,75	664,20
725,96	638,74	657,07	587,05	600,21	616,42	731,69	754,29	716,95	748,41	764,03
591,35	734,16	751,86	687,92	718,67	737,54	785,88	820,74	766,51	822,69	825,93
790,57	765,81	806,07	785,66	723,38	752,57	710,13	710,47	703,73	711,12	725,10
754,76	803,96	829,66	787,11	749,36	771,52	474,90	561,89	414,38	335,22	299,84
718,12	504,84	424,16	324,98	300,58	366,08	747,17	776,81	742,99	769,47	784,34
425,00	734,66	775,88	720,90	734,24	750,84	799,23	840,59	786,26	829,35	841,93
762,43	751,26	788,18	754,35	733,42	759,91	700,70	756,77	718,44	755,46	779,39
752,66	757,90	796,31	743,64	740,14	748,37	614,48	689,09	623,20	668,48	708,29
741,21	652,68	691,07	659,38	649,85	670,46	734,80	787,16	744,86	766,82	793,25
610,37	678,34	723,00	650,60	644,93	672,03	701,40	726,30	699,37	715,04	744,09
790,11	757,05	822,26	776,87	764,90	771,40	674,20	707,58	678,90	698,74	732,62
746,61	753,20	803,75	786,60	758,97	772,13	642,54	655,40	641,84	664,24	699,92
697,12	649,56	709,59	664,01	649,06	673,01	747,15	783,51	747,54	745,20	758,28
732,97	681,12	716,71	715,09	704,68	687,85	716,47	700,73	716,27	737,52	757,47
778,77	754,09	786,46	742,55	728,44	755,06	715,62	757,04	719,66	732,54	749,90

141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151
765,28	696,68	699,93	697,86	698,62	742,05	757,03	741,03	759,98	743,77	774,11
697,48	760,42	770,31	769,26	773,44	705,36	659,62	690,44	670,44	671,80	604,77
773,26	833,68	859,64	845,56	825,09	487,86	391,83	389,82	307,98	438,86	770,72
402,66	424,24	409,77	378,60	535,17	797,18	807,24	791,62	816,42	801,06	791,69
788,76	727,32	734,52	741,00	746,06	758,57	785,29	766,11	796,88	772,56	794,06
749,50	800,07	796,58	795,63	797,91	766,27	708,93	735,76	730,82	716,41	741,20
799,38	844,74	870,94	863,49	844,25	650,52	604,16	605,25	598,58	649,92	830,27
652,82	644,31	679,42	645,29	632,59	797,27	759,97	767,70	776,33	776,02	792,25
787,45	729,93	759,14	748,05	725,97	779,81	801,80	761,62	801,75	783,92	777,65
702,09	772,77	796,02	765,06	761,98	747,53	703,42	738,96	707,74	722,98	704,78
783,18	799,62	830,18	796,25	758,40	603,40	601,47	576,39	580,31	609,82	773,77
688,00	641,26	672,09	659,44	624,32	799,87	787,35	788,10	800,59	798,33	781,81
730,78	710,25	739,08	734,70	728,13	775,88	774,93	754,95	780,52	786,25	769,37
753,29	808,93	804,69	797,02	796,22	735,51	684,32	703,72	707,83	690,20	767,18
704,27	736,58	759,46	748,14	746,96	764,82	759,10	763,00	746,96	759,45	776,75
786,06	735,63	758,48	742,96	761,45	790,65	792,94	766,49	807,03	774,64	818,25

152	153	154	155	156	157	158	159	160
784,31	764,80	776,49	793,99	311,64	329,87	304,15	612,05	425,23
447,26	349,75	361,03	460,74	762,60	768,88	786,26	788,54	783,97
737,03	728,42	717,22	749,88	809,19	822,47	816,83	790,97	830,37
789,62	784,27	771,99	789,70	727,84	728,10	732,70	803,85	740,77
812,97	792,98	796,25	822,11	678,36	651,81	660,41	682,38	664,41
698,16	667,61	656,46	698,98	802,06	795,00	804,22	833,41	823,07
804,82	804,26	798,99	817,89	860,41	866,63	856,32	825,54	866,13
802,24	796,88	790,81	804,60	751,98	772,29	791,70	813,60	784,22
789,38	784,72	787,54	802,34	652,95	643,01	661,99	692,16	662,75
678,04	667,43	683,50	679,95	759,34	787,86	784,53	826,75	780,13
744,37	737,86	723,94	753,06	776,82	762,51	771,49	735,93	789,67
792,90	784,62	782,54	783,80	687,82	708,45	716,68	752,31	715,79
772,26	776,88	771,87	780,00	737,25	738,65	741,96	745,26	749,15
748,87	733,72	738,36	757,09	745,41	745,36	757,11	805,86	765,69
730,90	721,00	711,11	731,42	806,36	810,71	809,32	824,17	808,18
831,42	811,38	808,86	842,84	770,98	757,63	773,17	786,09	757,67

Keterangan:



- = Jarak euclidean dengan uang kertas rupiah asli
- = Jarak euclidean dengan uang kertas rupiah palsu
- = Jarak euclidean terdekat dengan uang kertas rupiah palsu

Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Nama : Anggarjuna Puncak Pujiputra
Alamat : Perum ITS Jl. Teknik Komputer 2 blok u-38
Surabaya
Tempat, Tanggal Lahir : Nganjuk, 03 Februari 1994
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
No. Telepon : 082139922185
Email : anggarjuna@yahoo.com
Riwayat Pendidikan : 1. SDN Klampis Ngasem 1 Surabaya
2. SMPN 1 Surabaya
3. SMAN 5 Surabaya
4. Strata-1 Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Halaman ini sengaja dikosongkan